أصول الزراعة المحمية

سلسلة : تقدمات فى تكنولوجيا إنتاج الخضر

أصول الزراعة المحمية

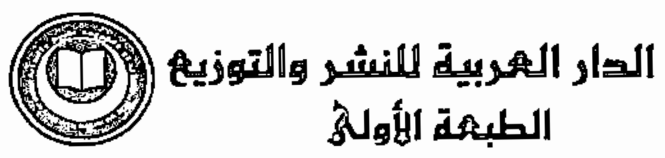
تأليف

أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة — جامعة القاهرة

٢٠١٢



حقوق النشر

أصول الزراعة المحمية

رقم الإيداع : 4922 / 2012
I. S. B. N. : 977-258-397-6

حقوق النشر محفوظة
للدار العربية للنشر والتوزيع
32 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة
ت. 22753335 فاكس: 22753388
E-mail: aldar_alarabia1@yahoo.com

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أى وجه، أو بأى طريقة، سواء أكانت إليكترونية، أو ميكانيكية، أو بالتصوير، أو بالتسجيل، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة، ومقدمًا.

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية في بلادنا يومًا بعد يوم ولاشك أنه في الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التي طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ولا ريب في أن امتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافي فكري للأمة نفسها، الأمر الذي يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً، طلابًا وطالبات، علماء ومثقفين، مفكرين وسياسيين في سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التي اعترف المجتمع الدولي بها لغة عمل في منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها في أنحاء العالم، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى، وصهرتها في بوتقتها اللغوية والفكرية، فكانت لغة العلوم والأدب، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة.

إن الفضل في التقدم العلمي الذي تنعم به أوروبا اليوم يرجع في واقعه إلى الصحوة العلمية في الترجمة التي عاشتها في القرون الوسطى فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابي وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب. ولم ينكر الأوروبيون ذلك، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق. وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف. وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم. وأن غيرها ليس بأدق منها. ولا أقدر على التعبير

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار البريطاني والفرنسي، عاق اللغة عن النمو والتطور، وأبعدها عن العلم والحضارة، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء، والعلماء في إنماء اللغة وتطويرها، حتى أن مدرسة القصر العيني في القاهرة، والجامعة الأمريكية في بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها. ولو تصفحنا الكتب التي ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيهما باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن مثيلاتها من كتب الغرب في ذلك الحين، سواء في الطبع، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضاح. ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد، وسادت لغة المستعمر، وفرضت على أبناء الأمة فرضًا، إذ رأى المستعمر في خنق اللغة العربية مجالاً لعرقلة الأمة العربية

وبالرغم من المقاومة العنيفة التي قابلها، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبي فيما يتطلع إليه. فتفننوا في أساليب التملق له اكتسابًا لمرضاته، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة، يشككون في قدرة اللغة على استيعاب الحضارة الجديدة، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر "علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر، فإذا حكمت لغتنا الجزائر، فقد حكمناها حقيقة".

فهل لى أن أوجه نداء إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر – فى أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام، والمهنى، والجامعى، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة لإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب، نظرا لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية، ويرتفع بمستواه العلمى، وذلك يعتبر تأصيلا للفكر العلمى فى البلاد، وتمكينًا للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجات المجتمع، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات، ممن ترك الإستعمار فى نفوسهم عقدًا وأمراضًا، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيد عن خمسة عشر مليون يهوديًا، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآدب والتقنية، كاليابان، وإسبانيا، وألمانيا، ودول أمريكا اللاتينية، ولم تشك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها ؟!

وأخيرًا وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع، وتحقيقًا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة مناهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة

وبهذا ننفذ عهدًا قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغة الوحى، وفيما أرداه الله تعالى لنا من جهاد فيها

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم: ﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ﴾. سورة التوبة الآية ١٠٥.

محمد أحمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقدمة

يتناول هذا الكتاب موضوع الزراعة المحمية من كافة جوانبها، سواء أكانت الزراعات أرضية، أم لا أرضية، وسواء كان الأمر يتعلق بالأساسيات، أم بالتطبيقات في مجال إنتاج الخضر. ويمكن تقسيم فصول الكتاب الأربعة عشر إلى أربع مجموعات، كما يلي:

تضم المجموعة الأولى ثلاثة فصول تغطي مقدمات الموضوع وجوانبه الاقتصادية (الفصل الأول)، وأنواع البيوت المحمية وطريقة إنشائها والتجهيزات التي تلزمها (الفصل الثاني). ووسائل التحكم البيئي فيها من حيث درجة الحرارة والإضاءة والرطوبة النسبية وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. مع التطرق إلى وسائل التدفئة والتبريد والتهوية والتحكم في شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية والطول الموجي للأشعة الضوئية (الفصل الثالث).

أما المجموعة الثانية فتضم ثلاثة فصول تتناول مواضيع المحاليل المغذية وخصائصها وطرق تحضيرها (الفصل الرابع)، ومختلف أنواع المزارع اللاأرضية التي تعتمد على وجود بيئة صلبة لدعم ونمو الجذور ولا تدخل التربة في تركيبها مثل المزارع الرملية ومزارع الحصى والصوف الصخري ومزارع الأكياس والبرليت والأغوار ... إلخ (الفصل الخامس)، ومختلف أنواع المزراع المائية التي لا تتوفر فيها بيئة صلبة لدعم الجذور ونموها مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى والمزارع المائية الهوائية ... إلخ (الفصل السادس).

تضم المجموعة الثالثة فصلان متممان لأساسيات الزراعة المحمية حيث يتناولا الأسس العامة لتجهيز البيوت المحمية للزراعة وعمليات الخدمة من رى وتسميد وخلافه (الفصل السابع)، والأسس العامة لمكافحة الأمراض والآفات في الزراعات المحمية؛ الأمر الذي يتسم بكثير من الخصوصية والذي يختلف في كثير من تفاصيله عن الأسس العامة لمكافحة الأمراض والآفات في الزراعات الحقلية المكشوفة (الفصل الثامن)

وأما المجموعة الرابعة والأخيرة فإنها تتضمن ستة فصول تتناول تفاصيل طرق إنتاج أهم محاصيل الخضر التي تنتج في البيوت المحمية، وهي الطماطم (الفصل التاسع)، والفلفل (الفصل العاشر)، والباذنجان (الفصل الحادي عشر)، والخيار (الفصل الثاني عشر)، والكنتالوب (الفصل الثالث عشر)، والفاصوليا الخضراء (الفصل الرابع عشر).

لقد أُعِدَّ هذا الكتاب ليكون عونًا لكل من له علاقة بالزراعة المحمية، بما في ذلك طلاب مرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا، والمنتجين، والمهندسين الزراعيين، والباحثين، فضلاً عن القائمين بتدريس مقررات الزراعة المحمية.

والله أسأل أن أكون قد وُفِّقت إلى ما كنت أصبو إليه من وراء تأليف هذا الكتاب في أن يكون إضافة مطلوبة للمكتبة العربية.

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الموضوع — الصفحة

الفصل الأول

تقديم للزراعات المحمية

الفصل الثانى

إنشاء البيوت المحمية

الموضوع	الصفحة

الفصل الرابع
المحاليل المغذية

الفصل الخامس

مزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية

الفصل السادس

المزارع المائية وعمليات خدمة المحاليل المغذية لمختلف أنوع المزارع اللاأرضيـة

الفصل السابع

أساسيات إنتاج الخضر فى البيوت المحمية

الفصل الثامن
أسس مكافحة الأمراض والآفات

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الفصل الحادى عشر

إنتاج الباذنجان

الفصل الثانى عشر
إنتاج الخيار

الموضوع	الصفحة

الفصل الثالث عشر

إنتاج القاوون (الكنتالوب)

الفصل الأول

تقديم للزراعات المحمية

يقصد بالزراعة المحمية للخضر إنتاجها فى منشآت خاصة تسمى الصوبات أو البيوت المحمية لغرض حمايتها من الظروف الجوية غير المناسبة؛ وبذلك يمكن إنتاجها فى غير مواسمها وتتوفر للخضروات داخل هذه البيوت الظروف البيئية التى تناسبها من حيث درجة الحرارة وشدة الإضاءة، كما تعطى عناية خاصة لبيئة نمو الجذور وتغذية النباتات. وفى الأنواع الحديثة من الصوبات يتم التحكم فى جميع العوامل البيئية، وتعديلها بما يتناسب مع النمو النباتى لإعطاء أكبر محصول ممكن.

وتعتبر الزراعة المحمية فرعًا متخصصًا من إنتاج الخضروات يختلف عن إنتاجها فى الزراعات المكشوفة، فنجد أن الطرق المستخدمة فى إنتاج الخضر فى الزراعات المحمية تختلف عن تلك المستخدمة فى الزراعات المكشوفة وعلى الرغم من ذلك .. فإن أساسيات إنتاج الخضر واحدة فى كلتيهما بصورة عامة، فيشتركان معًا — من حيث الأساسيات — فى العديد من الأمور، ويختلفان فى بعضها.

تاريخ الزراعات المحمية

عرفت البيوت الزجاجية منذ عصر الإغريق والرومان؛ حيث كانت تستخدم فى زراعة نباتات الزينة، والأشجار، وغيرها من النباتات التى كانت تجلب من المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية. ولكن تطور الزراعات المحمية ظل بطيئاً حتى أواخر القرن السابع عشر؛ حيث أقيم أول بيت زجاجى مدفأ بالماء الساخن فى إنجلترا فى عام ١٦٨٤ ومع بداية القرن الثامن عشر (عام ١٧٠٥) كانت البيوت الزجاجية تستخدم فى إنجلترا لأجل إنتاج الفاكهة

وأعقب ذلك انتشار الزراعة فى البيوت الزجاجية فى دول أخرى من العالم حيث أقيم

أول بيت زجاجي في فرنسا في عام ١٧٥٣، وفي روسيا في عام ١٧٦٣، وفي الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٨٠٠

ومع تطوير صناعة البلاستيك في أعقاب الحرب العالمية الثانية بدأت محاولات استخدامه كبديل للزجاج في تغطية البيوت المحمية، حيث أقيم أول بيت بلاستيكي – في الولايات المتحدة الأمريكية – في عام ١٩٥٢. وأعقب ذلك تقدم هائل في إنتاج مختلف النباتات البستانية – وخاصة محاصيل الخضر – في الزراعات المحمية في المناطق الباردة من العالم، مثل الولايات المتحدة، وكندا، وغرب وشمال أوروبا، وروسيا، واليابان. وواكب ذلك تقدم مماثل في أنواع الأغطية المستعملة للبيوت المحمية، وفي تكنولوجيا إنتاج مختلف المحاصيل الزراعية فيها وخدمتها

وقد حدث كل هذا التقدم والانتشار في الزراعات المحمية، بهدف إنتاج نباتات المواسم الدافئة أو الحارة في غير مواسمها في مناطق تتميز بشتاء قارس البرودة إلى درجة لا تسمح بإنتاج تلك المحاصيل فيها على مدار العام. ومن دول غرب أوروبا التي تقع شمال البحر الأبيض المتوسط امتد انتشار الزراعات المحمية – في البيوت البلاستيكية – إلى دول غرب أفريقيا العربية التي تقع جنوب البحر الأبيض المتوسط، خاصة الجزائر والمغرب.

أما الإنتاج التجاري للخضر في البيوت المحمية المبردة – بهدف استمرار إنتاجها خلال المواسم الشديدة الحرارة – فقد بدأ في منطقة الخليج العربي في بداية السبعينيات، ثم انتشر فيها كثيرا منذ ذلك الحين وما زالت تلك المنطقة تحتل المرتبة الأولى من حيث مساحة البيوت المحمية المبردة

وفي مصر بدأ إنتاج الخضر في البيوت البلاستيكية في عام ١٩٧٩ على مساحة فدان واحد في مزرعة قها (التابعة لمعهد البساتين بمركز البحوث الزراعية) بمحافظة القليوبية، زيدت إلى مساحة خمسة أفدنة في عام ١٩٨٠، وذلك ضمن برنامج بحثي أجري بدعم من البنك الدولي، بهدف تجربة الزراعات المحمية في مصر وقد كانت تلك المزرعة الرائدة هي الأساس الذي انتشرت منه الزراعات المحمية في مصر.

اقتصاديات الزراعة المحمية

العوامل العامة المؤثرة على العائد الاستثمارى

يحقق إنتاج الخضر فى الزراعت المحمية عائدا اقتصاديًا مجزيًا للمستثمرين فيها، على الرغم من أن تكلفة إنتاج الخضر فى الصوبات تزيد على تكلفة إنتاجها فى الحقول المكشوفة. وترجع هذه الزيادة بالدرجة الأولى إلى ضخامة رأس المال المستثمر فى إنشاء الصوبات، بالإضافة إلى مصاريف تشغيلها وصيانتها.

ويتوقف مقدار الزيادة فى تكلفة الإنتاج والعائد الذى يمكن أن يتحقق من الزراعات المحمية على العوامل التالية:

١- عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى الوقت الواحد، أى مساحة البيوت لمحمية

٢- حجم الصوبات المستخدمة

٣- نوع الهيكل الذى تصنع منه الصوبات (الخشب — الحديد — الألومنيوم — مواسير المياه المجلفنة)

٤- نوع الغطاء المستخدم (الزجاج — الألياف الزجاجية Fiber glass — رقائق البلاستيك)

٥- مدى توفر أجهزة التبريد والتدفئة، ومدى الحاجة إليهما.

٦- درجة التحكم الآلى فى الأجهزة المختلفة بالصوبات.

٧- المحاصيل والأصناف المزروعة

٨- موسم الإنتاج، ومقدار المنافسة التى يتعرض لها المحصول المنتج من الزراعات المكشوفة

٩ - مدى الاحتياج إلى المحصول المنتج فى الأسواق الخارجية للتصدير.

وعلى الرغم من كل هذا العوامل، فإن الزراعات المحمية تكون ضرورة لا غنى عنها تحت الظروف التالية.

١- فى المناطق الباردة (شمال خط عرض ٣٥ شمالاً، وجنوب خط عرض ٣٥ جنوبًا)

خلال فصل الشتاء بهذه المناطق، حيث يستفاد من التدفئة الصناعية بالبيوت المحمية في إنتاج الخضر في فترة يستحيل خلالها إنتاج الخضر في الزراعات المكشوفة

٢- في المناطق الشديدة الحرارة صيفا. كما في دول الخليج العربي، حيث تستخدم البيوت المبردة في إنتاج بعض محاصيل الخضر التي يستحيل إنتاجها خلال الفترة نفسها في الزراعات المكشوفة

أما في المناطق المعتدلة - كمصر والدول ذات الظروف الجوية المشابهة — فإنه يمكن الاستفادة من الغلة العالية لوحدة المساحة من الزراعات المحمية في تحقيق عائد أكبر يزيد كثيرًا عما يمكن تحقيقه في الزراعات المكشوفة إذا ما أخذت العوامل السابقة جميعها في الحسبان

ونلقي — فيما يلي — مزيدا من الضوء على بعض العوامل المذكورة أعلاه.

حجم الصوبات المستعملة والمحاصيل المزروعة فيها

من الضروري تنويع المحاصيل المزروعة بغرض توزيع تكاليف الزراعة على أكثر من محصول، وكذلك تنويع مصادر الدخل، وفي ذلك نوع من الضمان والأمان في حالة فشل الزراعة لأحد المحاصيل ويتطلب ذلك زراعة أكثر من صوبة، كما يتطلب إنشاء أكثر من نوع من الصوبات ليناسب كل محصول.

فتقام الأنفاق الاقتصادية (٤ × ٤٠ مترًا بارتفاع مترين) لإنتاج الفلفل، والطماطم، والكنتالوب، والأنفاق المفردة الكبيرة (٩ × ٥٠ مترًا بارتفاع ٣,٢ مترًا) لإنتاج الخيار، والكنتالوب فلا يجوز مثلاً إنتاج الفلفل في الأنفاق المفردة الكبيرة، لأن تكلفة المتر المربع بها تكون أعلى مما يمكن معه استغلالها اقتصاديًا بالفلفل. وينطبق الشئ نفسه على الطماطم، لأن أسعارها تكون عادة منخفضة، وعلى المحاصيل ذات النمو المنخفض مثل الخس. أما الكنتالوب، فيمكن إنتاجه بصورة اقتصادية في كل من الأنفاق الكبيرة والأنفاق الاقتصادية ومن جهة أخرى لا يمكن زراع الخيار إلا في الأنفاق المفردة الكبيرة

التدفئة والتبريد

لا تعد التدفئة ضرورية تحت الظروف المصرية؛ نظرًا لأن الجو لا يكون شديد البرودة، ولأنها مكلفة للغاية، فالمتر المربع الواحد من الصوبات المفردة الكبيرة تزيد تكلفته بنحو ٢٥٪–٣٠٪ للتدفئة فقط. وهذه الزيادة الكبيرة فى تكلفة الإنتاج لا تغطيها الزيادة التى تحدث فى المحصول – والتى تكون فى حدود ١٦٪ فى الخيار، ونحو ١٠٪ فى الكنتالوب – إلا إذا كانت هناك تعاقدات سابقة لتوريد محصول مرتفع الثمن فى وقت معين من السنة يقل فيه الإنتاج بسبب انخفاض درجة الحرارة، كما هى الحال خلال الفترة من ديسمبر إلى فبراير.

كذلك فإن التبريد غير ضرورى تحت الظروف المصرية؛ نظرًا لاعتدال درجة الحرارة صيفًا، لكن الأمر يتطلب توفير نظام جيد للتهوية يمنع الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة داخل الصوبات.

هذا .. بينما تكون التدفئة ضرورية واقتصادية – وكذلك التبريد – فى المناطق الشديدة البرودة شتاءً أو الشديدة الحرارة صيفًا – على التوالى – نظرًا لقلة المعروض من الخضروات. مع ارتفاع الأسعار – فى مثل هذه الظروف – التى يستحيل فيها إنتاج بعض الخضر فى الحقول المكشوفة.

تكلفة البنية الأساسية

يدخل ضمن تكلفة البنية الأساسية ما يلى:

١– تكلفة هيكل الصوبات والبلاستيك، بما فى ذلك التهوية الميكانيكية، مع مراعاة أهمية إنشاء أنواع مختلفة من الصوبات؛ نظرًا لضرورة تنويع المحاصيل المزروعة من ناحية، ولأن بعض المحاصيل لا تكون زراعتها اقتصادية فى أنواع معينة من الصوبات من ناحية أخرى.

٢– تكلفة نظام الرى:

يكون الرى فى الزراعات المحمية – عادة – بطريقة التنقيط، بالإضافة إلى الحاجة

إلى نظام الرى بالرذاذ من غير الثبات فى ظروف خاصة هذا وتبلغ تكلفة المتر المربع الواحد لنظام الرى بالتنقيط — عند إقامة شبكة الرى على مساحة خمسة أفدنة — نحو ٦٠٪ من تكلفة المتر المربع عند إقامة الشبكة على مساحة فدان واحد.

٣- تكلفة المعدات، مثل الجرار، والمحاريث، وتانك المبيدات.

٤- تكلفة مبنى الإدارة والمخازن وخزان المياه (تؤخذ تكلفة خزان المياه فى الحسبان عند الاعتماد على ماء النيل؛ نظرًا لضرورة تخزين المياه قبل السدة الشتوية. أما عند الاعتماد على المياه الجوفية، فلا حاجة إلى خزان المياه)

تكلفة المساحات المساعدة

يجب — كما سبق الذكر — توفير مساحة إضافية مزودة بنظام الرى بالتنقيط لتغطيتها بالأنفاق البلاستيكية المنخفضة. وزراعتها بالطماطم أو غيرها من المحاصيل.

كما يجب تزويد المساحات بين الصوبات بخطوط الرى بالتنقيط؛ حيث تتوفر بهذه المساحات حماية جزئية. ويمكن زراعتها بالطماطم التى قد يكون إنتاجها داخل الصوبات غير اقتصادى

الأصناف التى تزرع فى الصوبات

لا تزرع بالصوبات عادة إلا أصناف خاصة من الخضروات، معظمها من الهجن ذات الإنتاجية العالية وعلى الرغم من أن هذه الهجن تكون مرتفعة الثمن بدرجة كبيرة، فإنه يشيع استخدامها فى الزراعات المحمية للأسباب الآتية:

١- يزيد إنتاج هذه الأصناف داخل البيوت المحمية، عنه خارجها.

٢- تؤدى الإنتاجية العالية لهذه الأصناف إلى خفض نسبى فى تكاليف إنتاج الطن الواحد من المحصول؛ نظرًا لتوزيع تكاليف زراعة المتر المربع الواحد من الصوبة على كمية أكبر من المحصول

٣- لا يشكل الثمن المرتفع لتقاوى هذه الأصناف نسبة كبيرة من تكلفة تشغيل المتر المربع من الصوبة، نظرا لارتفاع هذه التكلفة أصلاً.

وبالمقارنة .. فإن هذه الأصناف يقل استخدامها فى الزراعات المكشوفة؛ نظرًا لأن ثمن تقاويها يشكل نسبة كبيره من تكاليف الإنتاج تحت هذه الظروف، ولأن محصولها - فى الزراعات المكشوفة - لا يزيد كثيرًا عن محصول بعض الأصناف الأخرى الأقل تكلفة

مواسم الإنتاج، ومدى المنافسة من إنتاج الحقول المكشوفة وإمكان التصدير

يوضح جدول (١-١) مواسم إنتاج محاصل الصوبات الرئيسية فى مصر من كل من الحقول المكشوفة، والزراعات المحمية، ويتبين منه عدم وجود منافسة حقيقية لإنتاج الزراعات المحمية من إنتاج الحقول المكشوفة؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة الطلب عليها وارتفاع أسعارها.

جدول (١-١): مواسم إنتاج محاصيل الصوبات الرئيسية - فى مصر - من كل من الزراعات المكشوفة والزراعات المحمية

المحصول	مواسم الإنتاج الرئيسية فى الزراعات	
	المكشوفة	المحمية
الخيار	عروة صيفية من منتصف أبريل إلى منتصف مايو	من ديسمبر إلى آخر أبريل
	عروة خريفية من منتصف أكتوبر إلى منتصف نوفمبر	
الفلفل	من نهاية أبريل إلى آخر مايو	من ديسمبر إلى آخر مايو
الطماطم	معظم شهور السنة عدا الفترة من سبتمبر إلى منتصف نوفمبر، ومن منتصف مارس إلى آخر أبريل	
الفاصوليا	معظم شهور السنة عدا الفترة من منتصف يناير إلى آخر مارس	من يناير إلى مايو
القاوون (الكنتالوب)	من يوليو إلى سبتمبر	من مارس إلى نهاية يونية

ويلاحظ من جدول (١-١) - كذلك - أن فترة الإنتاج الرئيسية من الزراعات المحمية تتوافق مع مواسم تصدير تلك المحاصيل فإذا أضفنا إلى ذلك أن نسبة المحصول

التى تكون صالحة للتصدير فى الزراعات المحمية تكون أعلى بكثير مما فى الحقول المكشوفة أدركنا أهمية التصدير فى زيادة العائد من الزراعات المحمية؛ وهو أمر يتطلب عمل تعاقدات سابقة للتصدير

تأثير عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آن واحد على تكلفة الإنتاج

يرى Nassar & Crandall (١٩٨٧) أن تكلفة الإنتاج للمتر المربع الواحد من الصوبات البلاستيكية يصل عند تشغيل صوبة واحدة إلى نحو ٢٠ مثل ما يصل إليه عند تشغيل ٤٠ صوبة فى آن واحد؛ أى عند زراعة حوالى خمسة أفدنة (أى ٢١ هكتارًا) من البيوت المحمية؛ وبذلك فإن أقل مساحة يمكن زراعتها بأكبر عائد ممكن هى خمسة أفدنة من الصوبت، على أن يكون ذلك مصاحبًا بمساحة إضافية مزودة بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى الجو البارد، وعلى أن تكون المساحة المخصصة للأنواع المختلفة من الصوبات والأنفاق موزعة على الوجه التالى.

١- تنشأ الصوبات المفردة single tunnels الكبيرة (أبعاد ٩ × ٥٠ مترًا، وبارتفاع ٣٢ مترًا) على ثلث المساحة المخصصة للصوبات

٢- تنشأ الصوبات الاقتصادية economic tunnels، أو walking tunnels الصغيرة (أبعاد ٤ × ٤٠ مترًا، وبارتفاع مترين) على ثلثى المساحة المخصصة للصوبات

٣- تخصص صوبة واحدة أو صوبتان من الصوبات الاقتصادية لاستعمالها كمشاتل، وهذه تُغطى صيفا بشباك التظليل

٤- تبلغ المساحة الإضافية المزودة بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة نحو ثلثى المساحة الإجمالية المخصصة للصوبات

معدلات إنتاج الخضر فى الصوبات

تتضاعف إنتاجية وحدة المساحة من محاصيل الخضر المختلفة عدة مرات فى الزراعات المحمية، بالمقارنة بالإنتاجية فى الحقول المكشوفة ويتوقف ذلك على

المحصول المزروع. وعدد مرات زراعته فى المساحة نفسها تحت نظامى الزراعة المحمية والمكشوفة

ويقدر معدل إنتاج مختلف الزراعات المحمية بالمتر المربع فى مصر بنحو ٧,٥ كجم للخيار، و ٦,٤ كجم للفلفل، و ١١,٥ كجم للطماطم،و ٤,٠ كجم للكنتالوب، و ٢,٠ كجم للفاصوليا، وتزيد تلك الإنتاجية عن الإنتاجية فى الزراعات المكشوفة بنسبة حوالى ٣٦٠٪ فى الخيار، و ٢٦٠٪ فى الفلفل، و ٢٤٠٪ فى الطماطم، و ١٧٠٪ فى الكنتالوب، و ١٠٠٪ فى الفاصوليا.

أهمية الزراعة المحمية للتوسع الرأسى فى إنتاج الخضر

لا تشكل الزراعة المحمية سوى نسبة ضئيلة للغاية من إجمالى المساحة المخصصة لإنتاج الخضروات على مستوى العالم؛ وبذا . فإنها لم تلعب – حتى الآن – دورًا بارزا فى إنتاج الخضر عالميًا. ولا شك أن ذلك يرجع إلى العاملين التاليين:

١- عدم مناسبة نظام الزراعة المحمية لإنتاج عديد من الخضروات الهامة؛ مثل الخضر الجذرية، والدرنية، والبصلية وغيرها.

٢- توفر المناخ المناسب والأرض الصالحة لزراعة الخضر فى الحقول المكشوفة فى عدد كبير من دول العالم.

فإذا أخذنا هذين العاملين فى الحسبان، فإنه يمكن القول بأن الزراعة المحمية يمكن أن تلعب دورًا بارزًا فى مجال التوسع الرأسى فى بعض الخضروات فى بعض الدول. ومن أهم الخضروات التى تحقق نجاحًا كبيرًا فى الزراعات المحمية: الخيار، والفلفل، والفاصوليا. والطماطم، والكنتالوب؛ وهى الخضروات التى يمكن القول بأنها تشغل حاليًا الغالبية العظمى من المساحات المزروعة داخل الصوبات. أما أنسب المناطق للتوسع فى الزراعات المحمية. فهى بلا شك تلك التى لا يتوفر فيها المناخ المناسب أو التربة الصالحة للزراعة؛ حيث تقل إنتاجية الخضر فيها كثيرًا فى الزراعات المكشوفة.

أما على مستوى الأفراد أو الشركات، فإن الزراعة المحمية يمكن أن تحقق عائدًا

مجزيًا حتى في المناطق التي تتوفر فيها الظروف البيئية المناسبة لإنتاج الخضر. فقد رأينا كيف أن إنتاجية الخضر في الزراعات المحمية تزيد عدة أضعاف عن إنتاجيتها في الزراعات المكشوفة. وبذلك يمكن أن تسهم الزراعة المحمية – في مجال التوسع الرأسي – في إنتاج الخضر على مستوى الدولة، كما يمكن أن تحقق عائدًا اقتصاديًا مجزيًا للمشتغلين بها إذا توفرت لديهم الخبرة اللازمة، إذا ما أخذت العوامل التي سبق ذكرها في الحسبان.

ولاشك أن من أهم الخبرات التي ينبغي توفراها لذلك تلك التي تكون في مجال التعرف على الآفات ومكافحتها، لأن بعض الآفات يزيد انتشارها كثيرًا داخل البيوت المحمية، عما في الزراعات المكشوفة، وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية بها أكثر مما في الجو الخارجي، لكن ذلك يمكن التغلب عليه بوضع برنامج محكم للوقاية من الآفات قبل انتشار الإصابة بها.

أما القول بأن الزراعات المحمية يمكن أن تتسبب في انتشار آفات لم تكن معروفة في الدولة، فهو قول مردود عليه، لأن هذه الآفات لا يمكنها الانتشار أصلاً في الحقول المكشوفة لعدم ملاءمة الظروف البيئية بها، فضلاً على أنه ليس ثمة أسهل من رفع غطاء الصوبة لتصبح الظروف البيئية بها جزءًا من البيئة المحلية، التي لا تناسب انتشار هذه الآفات.

هذا .. إلا أن الزراعات المحمية تعد مكانا مناسبًا لبقاء وتكاثر بعض الآفات ومسببات الأمراض خلال فصل الشتاء، بينما لا يمكنها ذلك في الحقول المكشوفة؛ بسبب انخفاض درجة الحرارة وغياب العوائل المناسبة لها. ويترتب على ذلك تبكير ظهور تلك الآفات في الحقول المكشوفة في فصل الربيع عن المواعيد العادية لبداية ظهورها، الأمر الذي قد يسرع من وصولها إلى الحالة الوبائية خلال فصل الصيف.

ويذكر Tognoni & Serra (١٩٩٤) أن الزراعة المحمية تُلْقَى معارضة متزايدة من قبل المهتمين بشئون البيئة تحد من الطرق المستخدمة فيها. وتتركز هذه المعارضة وقلق الرأي

العام حول المظهر غير الجمالى للبيوت المحمية، والاستخدام المفرط للأسمدة، والمبيدات، والطاقة، والمواد التى لا تتحلل بيولوجيًا مثل البلاستيك؛ الأمر الذى يؤدى إلى تلوث البيئة ويلفت الباحثان الانتباه إلى ضرورة التواؤم بين الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية المحدودة وبين الهدف الأول للمهتمين بالزراعات المحمية، وهو الحصول على أعلى محصول من وحدة المساحة، وذلك فى حدود الإنتاج الاقتصادى للمحاصيل المزروعة.



الفصل الثانى

إنشاء البيوت المحمية

يطلق اسم البيوت المحمية أو الصوبات green houses على المنشآت المستخدمة فى زراعة النباتات لحمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة. ويشترط فى هذه المنشآت أن تكون أسقفها مرتفعة بما يكفى للسير داخلها، وبذلك فإنها تُميز عن الأحواض المدفأة والباردة. والأنفاق المنخفضة low tunnels.

وتختلف البيوت المحمية فى أشكالها وفى المواد التى يصنع منها هيكلها والأغطية التى تستخدم فيها، وقد تكون مدفأة أو غير مدفأة، كما قد تكون مزودة أو غير مزودة بأجهزة التبريد ووسائل التحكم فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى جو البيت. هذا هو التعريف المعروف للبيوت المحمية فى الولايات المتحدة، وهو نفسه التعريف المستخدم فى هذا الكتاب.

أما فى أوروبا، فيطلق اسم glass house على المنشآت التى تدفأ صناعيًا، واسم green house على المنشآت التى لا تدفأ صناعيًا وتلك التى تدفأ قليلاً.

هذا .. وقد تكون البيوت المحمية مستقلة أو مفردة single؛ أى غير متصلة detached. وقد تكون متصلة connected بعضها ببعض. ويطلق على أية مجموعة من البيوت المحمية المتجاورة — سواء أكانت متصلة، أم غير متصلة — اسم مجمع بيوت محمية green house range.

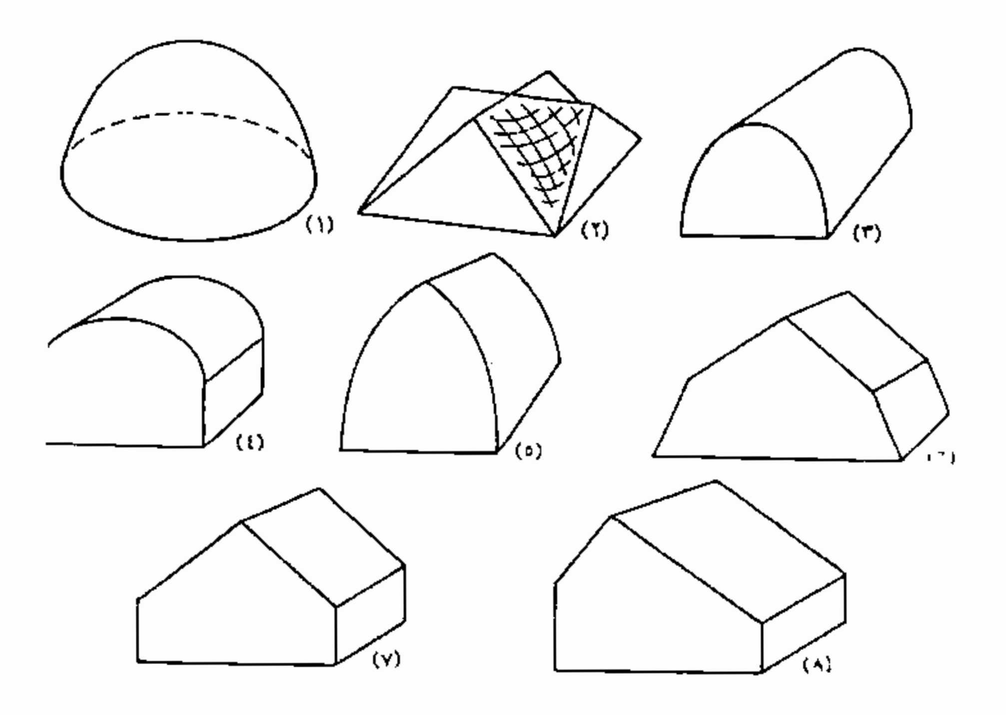
أنواع البيوت المحمية

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة

تتعدد الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية بدرجة كبيرة. ويتوقف اختيار الشكل الهندسى المناسب على عدد من العوامل، منها موقع البيت بالنسبة للمبانى

المجاورة، ومدى استواء أو انحدار الأرض المقام عليها البيت، وشدة الإضاءة فى الجو الخارجى هذا ويؤثر الشكل الهندسى على نوع الهيكل الذى يصنع منه البيت والأغطية التى تستخدم فيه

ومن أهم الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية مرتبة ترتيبًا تنازليًا حسب درجة نفاذيتها لطاقة الإشعاع الشمسى ما يلى (شكل ٢-١).



شكل (٢-١): الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة: ١- القبة الكروية ٢- المكافئ الدورانى الرائدى المقطع ٣- النصف الدائرى ٤- الإهليجى أو النصف دائرى المحور ٥- العقد القوطى ٦- السقف السدى ٧- الجمالونى المتناظر الانحدار ٨- الجمالونى غير المتناظر الانحدار

١- القبة الكروية Spherical dome

لا يستخدم هذا النوع من البيوت المحمية إلا فى المناطق التى يسودها جو ملبد

بالغيوم مع إضاءة شمسية ضعيفة فى معظم أيام السنة، حيث يسمح هذا التصميم الهندسي بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس وهو لا يصلح إلا للبيوت المفردة.

٢- الشكل المكافئ الدورانى الزائدى المقطع Hyperbolic poraboloid:

هو كالسابق يسمح بنفاذ نسبة عالية من أشعة الشمس طوال ساعات النهار، ويستخدم بصفة خاصة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء، حيث تقل شدة الإضاءة كثيرًا. كما لا يستخدم إلا فى البيوت المفردة.

٣- الشكل النصف أسطوانى Quonset:

يستخدم كسابقيه فى البيوت المفردة فقط، وهو منفذ لقسط كبير من أشعة الشمس خلال معظم ساعات النهار. ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعًا فى البيوت البلاستيكية المفردة.

٤- الشكل الإهليجى Elliptical أو النصف أسطوانى المحور Modified Quonset:

محور من الشكل السابق، ويشيع استخدامه عند إقامة مجمع من البيوت المحمية المتصلة بعضها ببعض.

٥- الشكل ذو العقد القوطى Gothic arch:

هو شكل ذو عقد مستدق الرأس.

٦- الشكل ذو السقف السندى Mansard roof:

بكل من جانبيه الطوليين منحدران، السفلى منهما أشد انحدارًا من العلوى، ولا يصلح إلا للبيوت المفردة.

٧- الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span

يصلح للبيوت الزجاجية والبلاستيكية، سواء أكانت متصلة أو غير متصلة. ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعاً فى البيوت الزجاجية خاصة.

٨- الشكل الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable uneven span:

وفيه يكون أحد جانبى السقف أطول من الجانب الآخر. وهو يصلح للبيوت

الزجاجية والبلاستيكية، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة، لكن لا يشيع استخدامه إلا في البيوت المقامة على جوانب التلال، حيث يكون السقف المائل العريض مواجها لأشعة الشمس، وذلك للسماح بنفاذ أكبر قدر من الطاقة الضوئية لتحسين الإضاءة والتدفئة

٩- الشكل المستند إلى مبنى Lean-to

يكون هذا النوع من البيوت ملاصقا لمبنى، ويكون السقف فيه منحدرًا نحو جانب واحد فقط هو الجانب المواجه للشمس، ويكون عادة صغيرًا، ويستخدم غالبًا في إنتاج الشتلات (عن Mastalerz ١٩٧٧)

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة

تتكون البيوت المحمية المتصلة connected houses أو multi-span من سلسلة من البيوت المتلاصقة دون وجود فواصل رأسية أو جدران بين بعضها ويوجد من هذا النوع من البيوت شكلان رئيسيان، هما

١- شكل المرتفعات والأخاديد أو الخطوط والقنوات Ridge and furrow.

يتكون هذا النوع من البيوت المحمية من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل النصف أسطواني المحوّر Modified Quonset بالنسبة للبيوت البلاستيكية غالبًا (شكل ٢-٢)، أو لشكل الجمالوني المنتظم الانحدار على جانبي السقف Gable even span بالنسبة للبيوت الزجاجية غالبا (شكل ٢-٣)

٢- شكل سن المنشار saw tooth

يتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل الجمالوني غير المتناظر الانحدار على جانبي السقف Gable uneven span، ويستخدم غالبًا في البيوت الزجاجية.

هذا ويسمح نظام البيوت المحمية المتصلة بزيادة المساحة الداخلية للبيت، وهو الأمر الذي يخفض من تكاليف العمليات الزراعية؛ لأنه يسمح بالميكنة، كما أنه يقلل

من فقد حرارة التدفئة؛ نظرًا لصغر مساحة جدران البيت المعرضة للجو الخارجي، لكن يعيب مثل هذا النوع من البيوت ريادة المخاطر الناشئة عن الإصابات المرضية، أو تلك التي تحدث عند تلف الغطاء البلاستيكي أو الزجاجي للبيت، أو تعطل أجهزة التدفئة او التبريد، دون أن ينتبه المشرفون على البيت إلى ذلك في الوقت المناسب (عن Boodley ١٩٨١).

تقسيم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء

تقسم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء إلى نوعين رئيسيين:

١- البيوت الزجاجية Glass houses:

تستخدم في إنشائها هياكل من الخشب أو الحديد أو الألومنيوم، وتغطى بالزجاج وهي قد تكون:

أ- بيوت بسيطة مفردة.

ب- مجمع من البيوت المتصلة.

جـ- بيوت برجية Tour green houses: وهي لا تنشأ إلا بالقرب من المدن الكبيرة؛ حيث تكون الأرض مرتفعة الثمن، ولا يمكن استغلال مساحة كبيرة من الأرض في إقامة الصوبة وقد قام المهندس النمساوي O. Ruthner بإقامة أول صوبة من هذا النوع في فيينا سنة ١٩٦٥.

بلغت المساحة المزروعة في هذه الصوبة ٢٧٠م²، بينما لم تشغل الصوبة نَفْسُها سوى مساحة ٣٦م²، وبلغ ارتفاعها ٢٢,٥م، وصمم بداخلها ١٢٥ حوضًا صغيرًا بأبعاد ٢,٤ × ٠,٥م متصلة جميعها كسلسلة، كل حوض منها مرتفع قليلاً عن الآخر، وتتحرك كالسلالم المتحركة، وتتم دورة كاملة في البرج خلال ساعة تقريبًا. وأثناء تحركها تتعرض النباتات للضوء من كل الجهات وبالدرجة نفسها، فتكون متجانسة في النمو هذا وتلزم في هذا النوع من الصوبات بعض الإضاءة الصناعية في حالة إنتاج النباتات التي تحتاج إلى إضاءة قوية.

وتتم معظم العمليات الزراعية أسفل الصوبة، حيث ترش النباتات لمكافحة الآفات برشاشات ثابتة ويمكن إيقاف الحركة عند وصول كل حوض إلى الموقع السفلي، حيث تجرى العمليات الزراعية المختلفة من رى وتسميد وخلافه

وقد أقيم بالفعل عدد من هذه الصوبات فى النمسا، وألمانيا، والنرويج، والسويد، وسويسرا، وبولندا، وكندا (Nelson ١٩٧٨).

٢- البيوت البلاستيكية Plastic houses تستخدم فى إنشاء هذا النوع من البيوت هياكل من الخشب، أو الألومنيوم، أو مواسير المياه المجلفنة، وتغطى بالبلاستيك، لكن يتوقف نوع الهيكل على نوع الغطاء البلاستيكى المستخدم فالهيكل الخشبى لا يستخدم إلا حيث يتوفر الخشب بأسعار زهيدة وهذه تُغَطَّى بأى نوع من البلاستيك ويستعمل هيكل الألومنيوم غالبا مع الأغطية المصنوعة من مادة الليف الزجاجى المدعوم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic أما هياكل المواسير المجلفنة، فإنها لا تستخدم عادة إلا مع الأغطية البلاستيكية التى يسهل تشكيلها، مثل شرائح البوليثيلين، والبولى فينيل كلورايد

وتوجد من البيوت البلاستيكية الأنواع التالية:

(أ) بيوت بسيطة مفردة:

وهذه تكون غالبا بشكل نصف أسطوانى، أو بشكل إهليجى، أو نصف أسطوانى مُحوَّر Modified quonset، لكن يوجد منها بعض الأنواع الأخرى التى سبقت الإشارة إليها

ويفضل - عند إقامة بيوت بلاستيكية عريضة (بعرض ٢١م مثلاً) — أن تكون من النوع الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف، مع جعل السقف ينحدر جهة الجنوب أو الغرب بمقدار ١٨°م وجهة الشمال أو الشرق بمقدار ٨°م، فذلك أفضل من السقف المسطح الذى يكون أقل نفاذية لأشعة الشمس (Castilla & Lopez-Galvez ١٩٩٤)

(جـ) بيوت بلاستيكية مدعومة بالهواء Air-supported plastic houses أو باختصار Air bubbles:

يعتمد رفع الغطاء البلاستيكى فى هذا النوع من البيوت على الهواء المضغوط وهى قليلة الانتشار. وأهم مميزاتها عدم الحاجة إلى هيكل لحمل الغطاء البلاستيكى، لكن لا تخفى الأخطار المترتبة على توقف التيار الكهربائى، كما أنها لا تناسب إنتاج الخضر التى تربى رأسيًا. كالخيار. والطماطم إلا إذا أقيمت دعائم خاصة لها، وهو الأمر الذى يقلل من أهمية الميزة الرئيسية لهذا النوع من البيوت.

مقارنة بين البيوت الزجاجية والبيوت البلاستيكية

تتميز البيوت الزجاجية بأنها أقل تأثرًا بالرياح من البيوت البلاستيكية، وبأنها تحتفظ بالحرارة المشعة من أرض البيت ليلاً، بينما يسمح البوليثيلين بنفاذ نسبة كبيرة منها. ويقابل ذلك تميز البيوت البلاستيكية عن الزجاجية بما يلى:

١- تبلغ تكاليف إقامة البيت البلاستيكى نحو عُشر تكاليف إقامة بين زجاجي ذى مساحة مماثلة.

٢- يمكن تشكيل هيكل البيت البلاستيكى ليكون ذا مقطع نصف دائرى Quonset يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس، بينما لا يمكن تحقيق ذلك فى البيوت الزجاجية.

٣ من السهل نقل البيوت البلاستيكية من مكانها لعمل دورة زراعية، ولتجنب تكاليف التعقيم

٤- الهيكل المستخدم فى البيوت المحمية بسيط، ولا يحجب جزءًا كبيرًا من أشعة الشمس، كما فى هياكل البيوت الزجاجية.

٥- تكون البيوت البلاستيكية محكمة الإغلاق، بينما تسمح نقط اتصال ألواح الزجاج فى البيوت الزجاجية بتسرب الهواء الدافئ أو دخول الهواء البارد.

٦- تحتاج البيوت الزجاجية إلى صيانة مستمرة بعد إنشائها، بينما لا تحتاج البيوت البلاستيكية إلى أكثر من تغيير البلاستيك بعد انقضاء مدة صلاحيته.

٧- ترتفع درجة حرارة البيت البلاستيكى صيفًا بسرعة أقل مما يحدث فى البيوت لزجاجية (عن عبدالهادى ١٩٧٨)

الشروط العامة التى تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

تجب مراعاة عدد من الشروط العامة عند إنشاء البيوت المحمية وهذه الشروط هى:

اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت

إن من أهم العوامل التى تجب مراعاتها عند اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت المحمية ما يلى

١- الاستفادة — قدر الإمكان — من مصدرات الرياح المتوفرة، مع مراعاة عدم تظليل الصوبات بالأشجار العالية أو بالمبانى المجاورة.

٢- يجب أن يسمح الموقع بوصول سيارات النقل لتوصيل الوقود أو نقل المحصول منها دونما مشاكل

٣- من الأهمية بمكان توفر الماء اللازم. وعلى أن يكون بنوعية جيدة، وأن تقل فيه الأملاح وتتباين مشاكل النوعية حسب مصدر الماء المستعمل. فهى قد تكون القلوية وارتفاع الـ pH فى مياه الآبار. وقد تكون إضافات الفلورين (فضلاً عن التكلفة العالية) فى مياه الشرب العادية. وقد تكون مسببات أمراض النبات والشوائب الصلبة فى مياه الترع والبرك

٤- يجب أن تكون التربة جيدة النوعية وجيدة الصرف، وأن تكون منبسطة، ولكن مع جعل وسط الصوبة بانحدار خفيف نحو جوانبها. هذا .. وتفضل الأراض الطميية والرملية الطميية

٥- يجب أن يسمح الموقع باحتمالات التوسع مستقبلاً.

٦ - ضرورة أن تتوافر الأيدى العاملة بالمنطقة (Sheldrake. و Hightunnels org — ٢٠٠٧ -- الإنترنت)

إقامة مصدرات الرياح

تعتبر مصدات الرياح ضرورة حتمية عند إنشاء البيوت المحمية. ويمكن الاعتماد على

الأشجار والشجيرات والشبك كمصدات للرياح. وتتأثر الحماية التي توفرها المصدات بكل من: ارتفاعها، وكثافتها، واتجاهها، بالإضافة إلى طول خط المصدات.

يؤثر ارتفاع المصدات على سرعة الرياح لمسافة تبلغ ٢-٥ أضعاف ارتفاعها في الجانب التي تأتي منه الرياح، وتصل حتى ٣٠ ضعف الارتفاع في الجانب الآخر.

- والكثافة هي نسبة المادة الصلبة في المصد (المادة النباتية من أوراق وفروع ... إلخ) إلى إجمالي الحيز الذي يشغله ذلك المصد فوق الأرض وتعد كثافة قدرها ٥٠٪ هي الأفضل لتعليل سرعة الرياح، وذلك لأن المصدات الشديدة الكثافة يترتب عليها انخفاض في الضغط في الجانب غير المواجه للرياح، مما يؤدي إلى جذب الهواء القادم من أعلى المصد إلى أسفل؛ مما يؤدي إلى حدوث اضطراب في الهواء حول النباتات، وتقل - بذلك - الحماية التي يوفرها المصد ومن ناحية أخرى فإن الكثافة الأقل من ٥٠٪ لا يصاحبها انخفاض في الضغط أو اضطراب في الهواء في الجانب غير المواجه للرياح، ولكن الخفض في سرعة الرياح لا يكون كبيرًا.

أما اتجاه خطوط مصدات الرياح فإنه يجب أن يكون متعامدًا على اتجاه الرياح السائدة خلال الفترات الحرجة بالنسبة لموسم الإنتاج المحصولي.

وأما عن طول خط مصدات الرياح فإنه يجب ألا يقل عن ١٠ أضعاف ارتفاعه لأن ذلك يؤثر في المساحة الكلية التي يُراد حمايتها. كذلك فإن وجود ثغرات في خط المصدات يقلل كفاءتها من خلال توفير الثغرات لمرات للهواء يمكن أن تزداد فيها سرعته

وفي حالة عدم توفر مصدات الرياح الشجرية، فإنه يمكن استبدالها - ولو مؤقتًا - بمصدات رياح من شباك البوليثيلين المنفذ للهواء بنسبة ٥٠٪؛ حتى لا يتسبب في إحداث تقلبات هوائية. ويفيد هذا النوع من الشباك في إبطاء سرعة الرياح بمقدار ٦٠٪ على امتداد مسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع الشباك، وبمقدار ٢٠٪ على امتداد مسافة تصل إلى عشرين ضعف ارتفاع الشباك.

هذا ويجب أن يكون ارتفع شباك مصدات الرياح الشبكية متناسبًا مع ارتفاع لبيوت ويكفى للبيوت البلاستيكية استخدام مصدات بارتفاع ١٨٠-٢٤٠ سم، نظرًا لأنها تعمل على رفع الهواء إلى إعلى قليلا

اختيار الاتجاه المناسب

عندما تكون البيوت المحمية مستطيلة الشكل - وتلك هى الغالبية العظمى من البيوت - فإن اتجاه البيت يجب أن يحدد، بحيث يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس وأفضل اتجاه لجميع أنواع البيوت المفردة والمتصلة وفى جميع المناطق وجميع مواسم الزراعة - باستثناء واحد فقط - هو الاتجاه الشمالى الجنوبى. فذلك الاتجاه يسمح بوصول أشعة الشمس من جانبى البيت الطويلين (الشرقى والغربى) طوال ساعات النهار. كما يسمح ذلك الوضع بتحرك ظل السقف وفتحات التهوية العلوية فى جميع أنحاء البيت أثناء النهار

أما الاستثناء الوحيد لهذه القاعدة، فهو بالنسبة للبيوت المفردة التى تستخدم فى لزراعة شتاء فى المناطق التى تبعد عن خط الاستواء بأكثر من ٤٠° من درجات خطوط العرض فتحت هذه الظروف يجب أن يكون اتجاه البيت شرقيًا/غربيًا، حتى يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس التى تصل إلى الأرض شتاءً فى هذه المناطق بزاوية منخفضة (Hanan وآخرون ١٩٧٨)

هذا وتتأثر الإضاءة الداخلية للصوبة بالظل الذى يُحدثه هيكلها، ويجب اختيار الاتجاه الذى يقل معه التظليل إلى أدنى مستوى ممكن. ويكون الاتجاه المناسب للبيوت المفردة - جنوب خط عرض ٤٠° شمالاً - هو الشمالى/الجنوبى، بينما يكون الاتجاه المناسب شمال هذا الخط هو الشرقى/الغربى أما سلاسل البيوت المحمية المتصلة فإن الاتجاه المناسب لها يكون الشمالى/الجنوبى عند كل خطوط العرض، ليمكن تجنب الظل الذى تحدثه هياكل الصوب جنوبا فى حالة الاتجاه الشرقى/الغربى

إن تأمين الإضاءة الجيدة الضرورية خلال فصل الشتاء يتطلب حساب زاوية سقوط

الضوء (الزاوية التى تصنعها أشعة الشمس الساقطة مع الخط العمودى على سطح الصوبة عند نقطة السقوط) عند كل خط عرض؛ الأمر الذى يعد أساسيًّا بالنسبة للإنتاج الشتوى. هذا مع العلم بأن زاوية السقوط التى تتراوح بين صفر°، و ٥٠° يكون تأثيرها محدودًا على نفاذ الضوء. ومع زيادة الزاوية عن ٥٠° تنخفض نفاذية الضوء بازدياد. فمثلاً عند زيادة زاوية السقوط من صفر° إلى ٩٠° فإن نفاذية الضوء خلال زجاج بسمك ٣ مم تنخفض كما يلى:

درجة زاوية السقوط	نفاذية الضوء (٪)
صفر	٨٦
١٠	٨٦
٢٠	٨٦
٣٠	٨٦
٤٠	٨٥
٥٠	٧٧
٦٠	٦٥
٧٠	٤٠
٨٠	صفر
٩٠	صفر

كذلك فإن التيار الهوائى يستخدم فى تعديل الحرارة والرطوبة النسبية داخل الصوبات من خلال التهوية التى تتم من خلال جوانب الصوبة. ويمكن جعل الصوب المفردة عمودية على اتجاه الرياح السائدة، لتكون التهوية بامتداد الجانبين الطوليين للصوبة، لكن مع توفير فتحات مناسبة للتهوية يمكن إغلاقها وفتحها عند اللزوم. أما إن كانت الصوب كثيرة ومتجاورة .. فإنها يجب أن تكون فى اتجاه الريح السائدة.

إعداد موقع البيت

من الضرورى حراثة وتسوية الأرض جيدًا قبل الشروع فى إنشاء البيت مع عمل

جميع توصيلات الرى والصرف والكهرباء، وكذلك توصيلات البخار فى حالة التخطيط لاستخدام البخار فى عمليات التعقيم

كما تجب مراعاة توسيع مساحة الصوبة — قدر المستطاع — لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المدفأة ومروحة التهوية، وهما أكثر الأجهزة تكلفة، وبذلك تقل تكاليف الإنشاء بالنسبة للمتر المربع

مراعاة مواصفات عامة فى البيوت المنشأة

تجب مراعاة المواصفات العامة التالية عند القيام بإنشاء البيوت المحمية:

١- إذا كانت البيوت متلاصقة، فيجب أن يكون سقفها بميل يسمح بتصريف ماء المطر.

٢- إذا كانت البيوت فى منطقة تكثر فيها الثلوج، فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرين على تحمل ثقل الثلوج قبل ذوبانها، أو أن يتبع نظام البيوت المفردة غير المتلاصقة، مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج.

٣- يتراوح عرض البيت الواحد عادة بين ٣,٦ مترًا و ٢٤ مترًا، أما الطول فيتوقف على رغبة المزرع. لكن يحسن عدم زيادته عن ٦٠ مترًا. حتى لا يضيع وقت العمال فى التنقل داخل البيت

٤- يجب أن يكون باب الصوبة واسعًا — قدر الإمكان — ليسمح بدخول الجرارات والآليات الصغيرة لإعداد أرض البيت، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول ويفضل أن يكون عرض الباب حوالى ٢٧٠ سم

٥- يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فيلزم التفكير فى ذلك الأمر أولاً. علمًا بأن الأغطية الزجاجية لا تصلح للمناطق التى يكثر فيها البَرَدْ، ولا تناسب المناطق الحارة، نظرًا لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية فى هذه المناطق

٦- فى حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية green house range يجب أن تكون مبانى الإدارة والمخازن والثلاجات وأماكن إعداد بيئات الزراعة وعمليات الخدمة العامة فى موقع متوسط يسهل الوصول منه إلى جميع البيوت

٧- مراعاة توفير مسافة مناسبة بين الصوبات:

يجب أن تبعد الصوبة بمسافة لا تقل عن ٢,٥ مثل ارتفاع الأشجار والبيوت المحمية العالية والمبانى القريبة. وكقاعدة .. فإن الصوبات التى يكون اتجاها شرقى/غربى يجب أن تبعد عن بعضها بمقدار ٦ أمتار على الأقل، وتلك التى يكون اتجاهها شمالى/جنوبى يمكن أن تقترب من بعضها حتى ١,٢م. ولا يجب تشييد بيوت محمية شمال إنشاءات أساسية.

٨- مراعاة الأحمال التركيبية:

إن الأحمال loads هى الشد الذى يقع على هيكل الصوبة من قوى خارجية أو داخلية. ومن بين تلك الأحمال. المراوح. والمدفئات المعلقة. وأنابيب المياه المعلقة، وأثقال النباتات التى تربى رأسيًا، وهى التى يطلق عليها اسم dead loads وبالمقارنة .. فإن الأحمال المؤقتة أو التى تدوم لفترة قصيرة يطلق عليها اسم live loads، ومنها: ضغوط الرياح والجليد إن وجد. وكذلك الأسبتة المعلقة للنباتات التى تربى بتلك الطريقة

إن أحمال الرياح تكون – عادة – على الجوانب وتقع عمودية عليها وكمثال فإن سرعة رياح مقدارها ٧٠ كم/ساعة تعنى ضغطًا على جوانب الصوبة قدره ٥ أرطال على البوصة المربعة (٠,٣٥ كجم على السنتيمتر المربع). وأفضل وسيلة لمنع رفع الصوبة من مكانها بفعل الرياح هى بغرس دعاماتها فى التربة لمسافة لا تقل عن ٥٠ سم (Hightunnels.org – ٢٠٠٧ – الإنترنت).

٩- ملاحظات بشأن الجدر الطرفية والجانبية للصوبات:

إن الجدران الطرفية هى التى توضع فيها الأبواب وفتحات التهوية، والأبواب قد تكون مجرد فتحة تنسدل عليها شريحة بلاستيكية، أو باب يتسع لدخول فرد قائمًا ومعه أدواته التى يحتاجها للعمل بها داخل الصوبة، وقد يكون كبيرًا ويتسع لدخول الآليات وقد يكون جانب الصوبة كله فتحة واحدة للمساعدة فى زيادة التهوية صيفًا.

أما الجدران الجانبية فقد تكون ثابتة أو يمكن فتحها لأى ارتفاع بلف البلاستيك على عجلة تدار يدويًا أو آليًا. والجدران الثابتة لا يوصى بها إلا فى الأجواء والظروف

التى لا تحتاج فيها إلى التهوية بمعدلات عالية، بينما تسمح الجدران التى يمكن لفها بالتهوية الجيدة وبمعدلات عالية حسب الحاجة

١٠- متانة الهيكل

يمكن زيادة متانة هيكل الصوبة بالأساليب التالية

أ- غرس الدعامات حتى عمق ٥٠ سم فى التربة.

ب- زيادة قطر المواسير المستخدمة فى عمل الأقواس، وعدم الاعتماد على مواسير الـ PVC نظرًا لضعفها

جـ - زيادة عدد روابط (purlins) الهيكل.

د- تقليل المسافة بين الأقواس.

هـ- شد الغطاء البلاستيكى جيدًا على الهيكل.

إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس

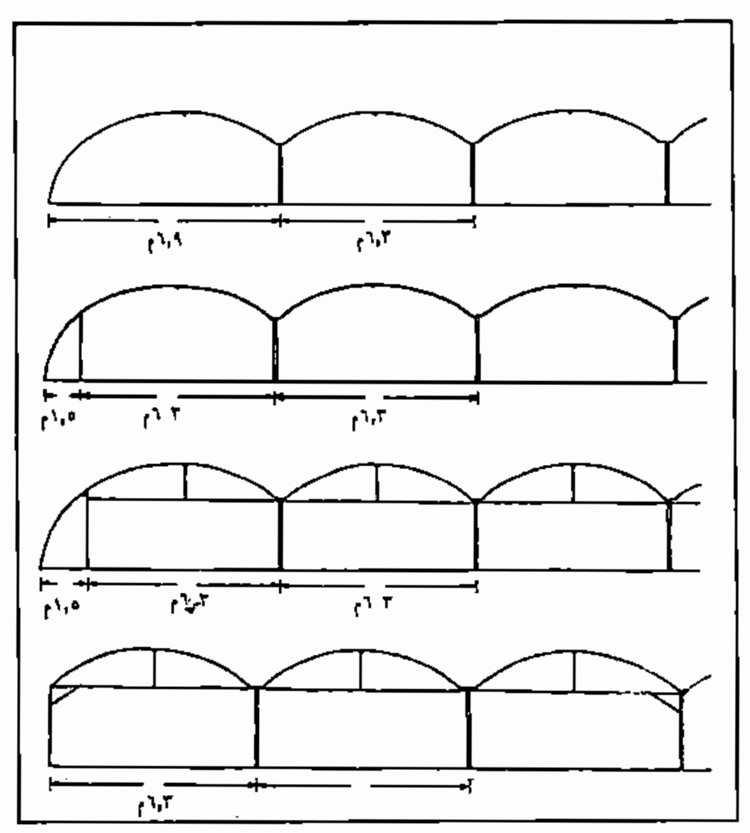
إن إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس (أى البيوت المغطاة بالزجاج الليفى المدعم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic) أصبح صناعة متقدمة تقوم بها شركات متخصصة يصعب على منتج الخضر العادى استيعابها، نظرًا لاعتمادها على قواعد هندسية لا تدخل ضمن اختصاصه. ولهذا .. فإن الخطوات التفصيلية لإنشاء مثل هذه البيوت لا يمكن أن يتضمنها كتاب كهذا يهتم فى المقام الأول بالزراعة وعمليات الخدمة، واستجابات النباتات لمختلف المؤثرات البيئية، لكن هذه التفاصيل الإنشائية يمكن الإطلاع عليها بالنسبة لمختلف أنواع البيوت فى المصادر التالية:

١- المراجع المتخصصة مثل: Mastalerz (١٩٧٧) و Hanan وآخرين (١٩٧٨) و Boodley (١٩٨١) و Nelson (١٩٨٥).

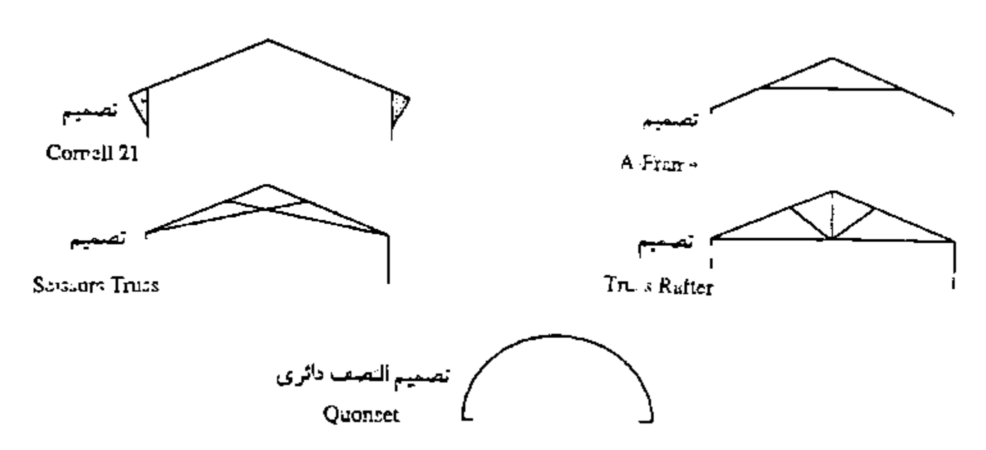
٢- النشرات والعجالات التى تصدرها الشركات المتخصصة، علمًا بأن الشركات ترحب عادة بالاستفسارات التى تصل إليها فى هذا الشأن

وسنكتفى فى هذا الجزء بتقديم بعض الرسوم التخطيطية التى توضح طريقة إقامة

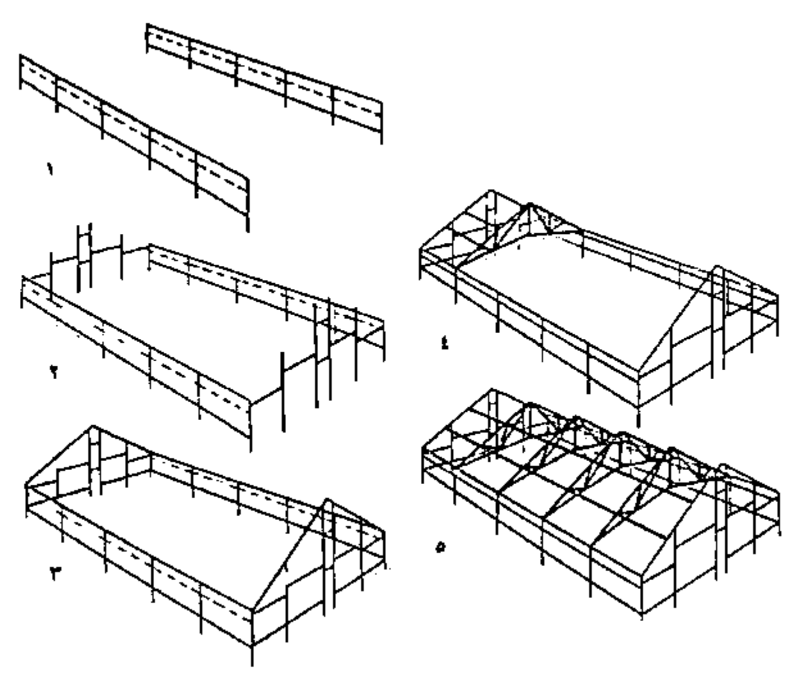
الهيكل فى بعض أنواع البيوت المحمية. فيبين شكل (٢-٢) مقاطع فى تصاميم مختلفة من بيوت كبيرة على شكل الخطوط والقنوات ذات الأسقف المنحنية Curved ridge and furrow تتكون وحداتها من عدد من البيوت الصغيرة بالشكل النصف أسطوانى المحور Modified Quonset. وتصلح هذه التصميمات لكل من بيوت الفيبرجلاس والبيوت البلاستيكية (شركة Fordingbridge Engineering - إنجلترا). ويبين شكل (٢-٣) مقطعًا للهيكل فى بعض أنواع البيوت، وكيفية توفير الدعم اللازم لسقف البيت. أما شكل (٢-٤)، فيبين خطوات إقامة الهيكل لبيت من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span.



شكل (٢-٢): مقاطع فى تصميمات مختلفة لمجمعات من البيوت على شكل الخطوط والقنوات تتكون من وحدات ذات أسقف منحنية تصلح للتغطية بالبلاستيك أو بالفيبرجلاس.



شكل (٢-٣) مقاطع للهيكل فى بعض أنواع البيوت تبين كيفية توفير الـدعم الـلازم للسقف.



شكل (٢-٤) خطوات إقامة الهيكل لبيت من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف

إنشاء البيوت البلاستيكية

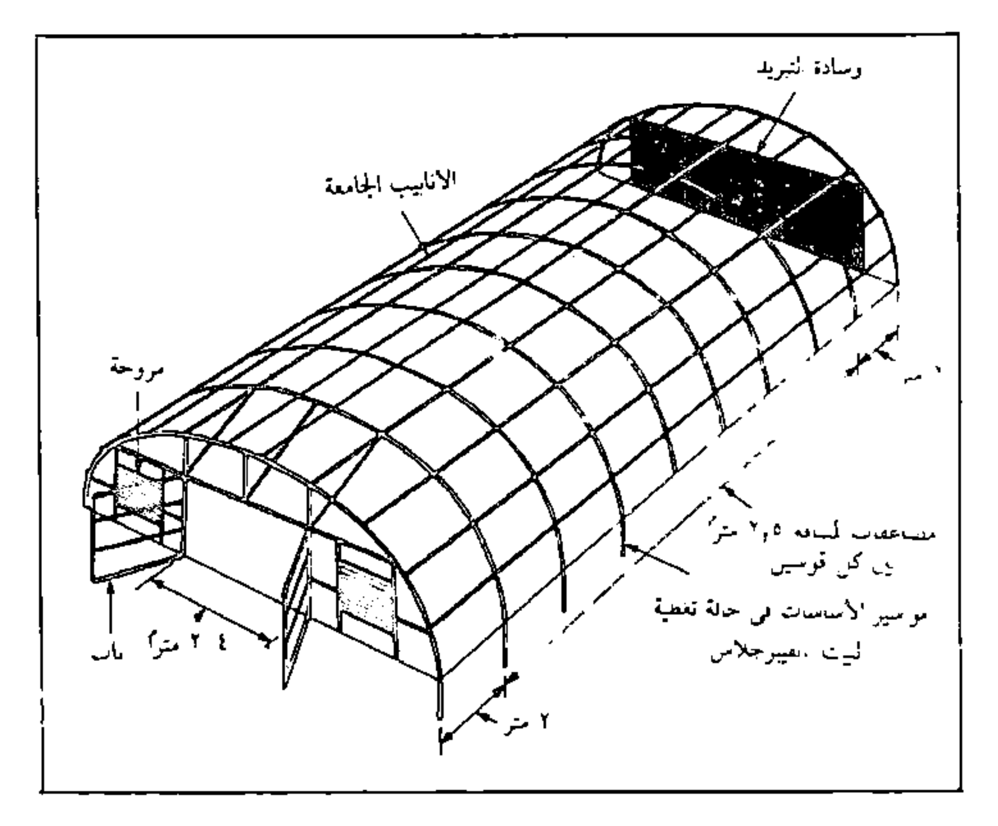
حققت البيوت البلاستيكية نجاحًا كبيرًا فى مجال الزراعة المحمية فى كل من المناطق الحارة والمناطق المعتدلة البرودة، ونذكر من هذه المناطق – على سبيل المثال – دول الخليج العربى، وشمال أفريقيا، والمناطق المطلة على البحر الأبيض المتوسط من دول جنوب أوروبا. وكما حدث مع البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس فإن بعض أنواع البيوت البلاستيكية قد قطعت شوطًا متقدمًا فى مجال التصميم الهندسى، الأمر الذى لا يمكن تفصيله فى هذا الكتاب، ولكن يمكن الإطلاع على ذلك الأمر فى المصادر التى سبقت الإشارة إليها، وبصفة خاصة فى نشرات ومجالات الشركات المتخصصة، لأن المراجع العلمية التى سبقت الإشارة إليها تهتم أساسا بالبيوت الزجاجية التى تصلح للمناطق الباردة التى صدرت فيها هذه المراجع

وكما فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس .. فإن البيوت البلاستيكية قد تتكون من اثنين (double) أو أكثر (multispan) من الأقبية المتصلة معًا والمفتوحة على بعضها البعض، وقد تكون مفردة (single). والنوع الأول والثانى قليلاً الانتشار فى مصر، وتقوم بإنشائهما شركات متخصصة. أما البيوت المفردة فهى الأكثر شيوعًا، ويمكن إتقان إقامتها بقليل من الممارسة.

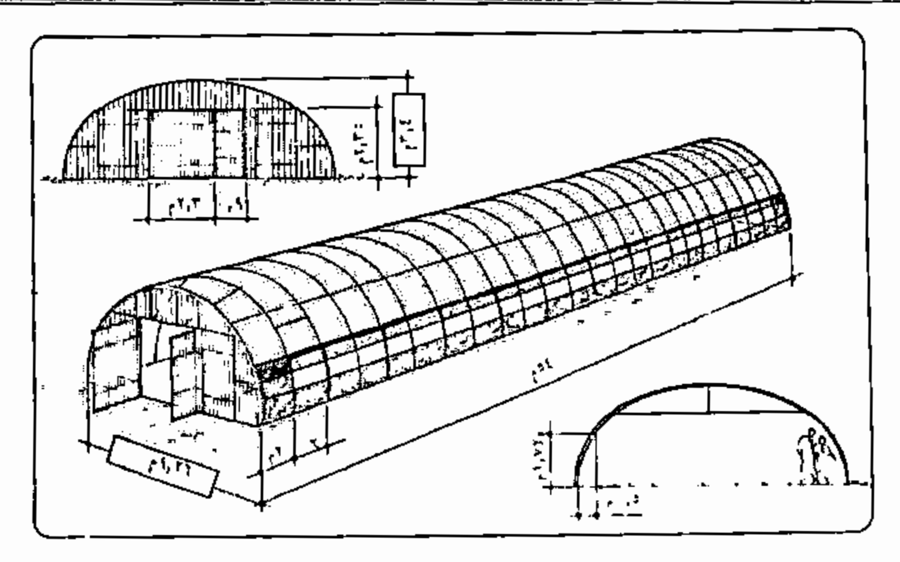
وعلى الرغم من تعدد أشكال وأنواع البيوت البلاستيكية المفردة، فإن هيكلها العام يبقى ثابتًا إلى حد كبير، حيث يتكون أساسًا من أقواس نصف دائرية من أنابيب المياه المجلفنة من الداخل والخارج. ويزيد قطر الأنابيب المستخدمة بزيادة عرض البيت وارتفاعه. وتصاحب ذلك زيادة فى تكاليف إنشاء البيت ويبين شمل (٢–٥) تخطيطًا لهيكل بيت بلاستيكى مبرد بعرض يبلغ سبعة أمتار، وبطول يمكن أن يمتد حتى ٤٠ متراً

كما يوضح شكلا (٢–٦)، (٢–٧) نموذجين لبيتين بلاستيكيين يبلغ عرض كل

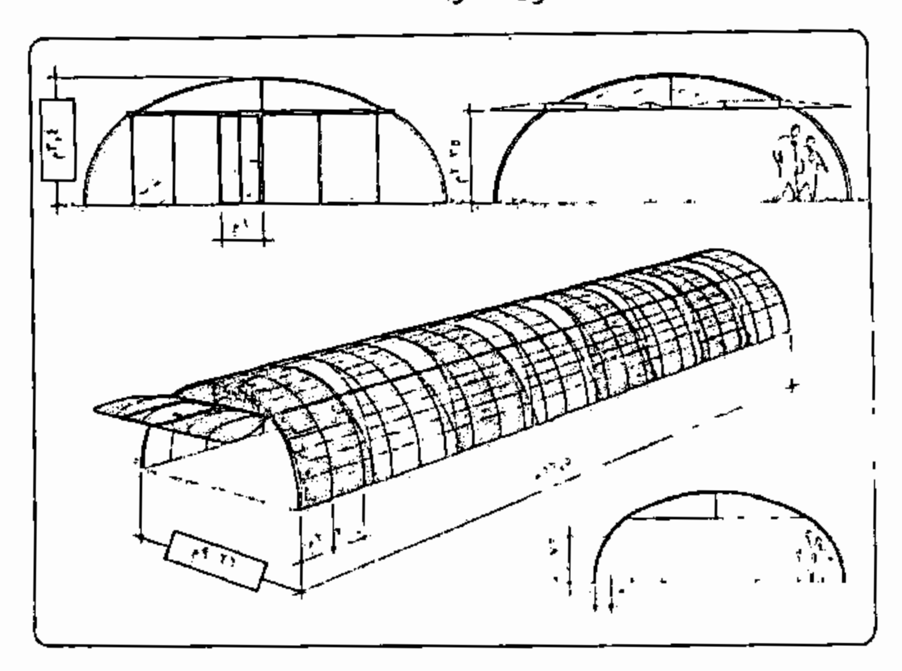
منهما ٩.٢٦ مترا وارتفاعه ٣ ٤ مترًا، ولكنهما يختلفان فى الطول، وفى شكل الأبواب ونظام التهوية، حيث يبلغ طول الصوبة ٥٤ مترًا، وتفتح الأبواب جانبيًا. وتكون التهوية عن طريق فتحات جانبية متقابلة بامتداد طول الصوبة فى شكل (٢ ٨). بينما يبلغ طول الصوبة ٥ ٥٦ مترًا، وتفتح الأبواب إلى أعلى، وتكون التهوية عن طريق فتحات متعددة بامتداد محيط الصوبة من أعلى، وعلى الجانبين فى شكل (٢-٧) وفى كلا النموذجين يتم التحكم فى اتساع فتحات التهوية بإدارة يد تقوم بطي البلاستيك إلى أعلى فى شكل (٢-٦)، وبثنيه نحو جانبى الفتحة فى شكل (٢-٧)



شكل (٢-٥) تخطيط لهيكل بيت بلاستيكى مبرد بعرض سبعة أمتار، وبطول يمكن أن يمتد حتى أربعين مترًا



شكل (٢-٦). نموذج لبيت بلاستيكي غير مبرد يبلغ طوله ٥٤ مترًا، وتتم فيه التهوية من خلال فتحات جانبية متقابلة بامتداد طول الصوبة.



شكل (٢-٧): نموذج لبيت بلاستيكي غير مبرد يبلغ طوله ٥٦,٥ مترًا، وتتم فيه التهوية من خلال فتحات جانبية متعددة بامتداد محيط الصوبة من أعلى ومن الجانبين.

ويتحدد الارتفاع المناسب للصوبة بشكل مقطعها، فتلك التي تكون على شكل نصف دائرة يكون ارتفاعها نصف قطرها تمامًا (نصف قطر الدائرة، أى نصف عرضها). أما الصوبات التي تأخذ شكل القبو (أى التى ترتفع أولاً من الجانبين قبل أن تتقوس من أعلى) فإن ارتفاعها يكون أقل قليلاً من نصف عرضها كما يلى

عرض الصوبة (م)	ارتفاع الصوبة (م) على بعد ٥٠ سم من الجانب	الارتفاع المناسب للصوبة (م)
٧,٠	١,٥٣	٢,٨٥
٧,٥	١,٦٠	٣,٠٢
٨,٠	١,٧٠	٣,٢٢
٨,٥	١,٧٠	٣,٢٧
٩,٠	١,٧٠	٣,٣٠
٩,٣	١,٧٠	٣,٥٠

هذا.. ويعرف نوعان رئيسيان من البيوت البلاستيكية المفردة، هما البيوت الكبيرة، والأنفاق الاقتصادية

البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة

تتعدد أنواع البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة، كما تتعدد الشركات المصنعة لها، ومعظمها شركات فرنسية، وإنجليزية، وهولندية. وتستخدم فى صنع البيوت الكبيرة المفردة مواسير مجلفنة من الداخل والخارج، يتراوح قطرها بين ٦ سم، و ٩ سم. ويتكون كل قوس من عدة أجزاء ترتبط بعضها ببعض، وبمواسير أخرى أفقية تمتد بين الأقواس بواسطة وصلات خاصة

وتتراوح أبعاد هذه البيوت غالبا بين ٦ أمتار و٩ أمتار عرضًا، وبين ٥٤ مترًا و ٦٦ مترا طولا، بينما يتراوح ارتفاعها بين ٢,٧٥ مترًا و ٣.٥٠ مترًا وتتوفر بهذه البيوت — عاده — روافع لفتح وإغلاق فتحات للتحكم فى التهوية

ويُستدل من دراسات Tanny وآخرين (٢٠٠٨) على البيوت المحمية المغطاة

بالشبك screemhouses أن البيوت العالية (٤م) أفضل من المنخفضة (٢م) من حيث توفير الظروف البيئية الملائمة من حرارة ورطوبة بالقرب من النباتات. فالإضاءة كانت واحدة تقريبًا فى كلا البيتين، بينما كانت حرارة الهواء، وحرارة الأوراق، والفرق فى ضغط بخار الماء أعلى فى الصوبة المنخفضة عما فى المرتفعة. كذلك كان التدرج الرأسى الحرارى فى الصوبة المنخفضة ٣ أضعاف التدرج فى الصوبة المرتفعة، بسبب حركة الهواء الرأسية فى الأخيرة. وفى معظم الأوقات كانت الرطوبة فى الصوب العالية قريبة من الرطوبة فى الهواء الخارجى، مقارنة بالوضع فى الصوب المنخفضة.

إن البيوت البلاستيكية المفردة المثلى يجب أن تكون أبعادها حوالى ١٠,٥ × ٣٦م، ليمكن تحقيق التجانس فى درجة الحرارة على امتداد طول البيت، خاصة فى بداية الخريف ونهاية الربيع حينما ترتفع درجة الحرارة. كما أن هذا العرض يسمح بزراعة ٦ خطوط مزدوجة، مع توفير مساحة خالية من الزراعة بعرض ١٢٠ سم حول المحيط الداخلى للصوبة تسمح بحرية حركة الهواء، وسهولة الوصول إلى النباتات لأجل الحصاد والرش. ومثل هذه الصوبة يمكن أن تتسع لنحو ١١٠٠ نبات طماطم.

كذلك فإن الحوائط الجانبية للبيوت المحمية المثلى يجب أن تكون رأسية لارتفاع لا يقل عن ١٢٠ سم. ويفضل أن يكون الارتفاع الرأسى ٢٤٠ سم. ويعد الارتفاع الأخير مثاليًّا إذا كان هناك تخطيط لتوسعات مستقبلية تتصل فيها الصوبات المفردة فى وحدات أكبر. ولا يحتاج الأمر لزيادة الارتفاع الكلى للبيت المحمى (من سطح التربة إلى قمة السقف) عن ٤,٢-٤,٨م؛ لأن زيادته عن تلك الحدود تعنى زيادة لا داعى لها فى حجم الهواء الذى يتعين تدفئته أو طردة خارج الصوبة عند التهوية؛ بما يعنى زيادة التكلفة (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٤).

ونتناول بالشرح — فى هذا المقام — طريقة إقامة نوعين من البيوت البلاستيكية الكبيرة الفردة، ينتشر استخدام أحدهما فى مصر، بينما يشيع استخدام النوع الثانى فى دولة الإمارات العربية المتحدة. ويُصنَّع كلاهما محليًّا وتتم إقامتها بالجهود الذاتية. أما

البيوت الكبيرة المفردة التي تحتاج إلى خبرات خاصة لإنشائها فإنها تقام – عادة – بمعرفة الشركات التي تقوم بتصنيعها.

مثال ١ البيوت البلاستيكية المستعملة في مصر

يبلغ عرض البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة التي يشيع استخدامها في مصر ٩ أمتار، وطولها ٥٩ مترًا، وارتفاعها ٣.٢٥ مترًا، وتبلغ مساحتها ٥٣١ مترًا مربعًا وتتكون هذه البيوت من المكونات التالية

١ الأقواس

يتكون كل قوس من أربع قطع بقطر ٥ ١-٢ بوصة من الصلب المجلفن داخليًا وخارجيًا تكون المسافة بين القوسين الأول والثاني – وكذلك بين القوسين الأخير وقبل الأخير – مترين أما المسافة بين كل قوسين آخرين فتكون ٢,٥ مترا؛ وبذا .. يلزم لهذه الصوبة ٢٥ قوسًا، يتكون كل منها من أربع قطع؛ أي يلزم للصوبة الواحدة ١٠٠ قطعة.

ويمكن تحديد عدد الأقواس اللازمة – حسب طول الصوبة – كما يلي:

عدد الأقواس اللازمة = [(طول الصوبة – ٤)/٢,٥] + ٣

٢- وصلات القوس

يستخدم لذلك ١٠ وصلات على شكل حرف (T) لتجميع القوسين الأول والأخير، و ١١٥ وصلة على شكل صليبة (+) لتجميع باقي الأقواس. ويكون القطر الخارجي لهذه الوصلات أقل قليلاً من القطر الداخلي للأجزاء التي تقوم بتجميعها معًا، سواء أكانت تلك الأجزاء أقواس، أو مدادات

٣- المدادات الطولية

يتم وصل الأقواس بعضها ببعض بواسطة خمسة مدادات تمتد بطول الصوبة؛ منها اثنتان تحت سطح التربة لوصل أطراف الأقواس، وواحدة في قمة الصوبة، واثنتان جانبيتان. ويستخدم لذلك مواسير مجلفنة بقطر ٣/٤ بوصة. وتحتاج كل صوبة إلى ١١٠ ماسورات بطول ٥ ٢ مترا، و ١٠ مواسير بطول مترين لكل منها، بالإضافة إلى ١٠

مواسير أخرى بطول مترين لكل منها لتوفير الدعم اللازم بين كل من القوسين الأول والثاني. والقوسين الأخير وقبل الأخير.

٤- حوامل المحصول:

تثبت حوامل المحصول في جميع الأقواس، باستثناء القوسين الأول والأخير وهي عبارة عن مواسير مجلفنة بقطر ١/٢ بوصة. وتحتاج كل صوبة إلى ٢٣ حاملاً للمحصول (بعدد الأقواس الداخلية) بطول ٦ أمتار لكل منها. وتثبت هذه الحوامل (المواسير) في الأقواس — بعرض الصوبة — على ارتفاع ٢٠٠— ٢٢٠ سنتيمتر من سطح الأرض.

٥- "سقاطات" حوامل المحصول:

تتدلى "سقاطات" حوامل المحصول من منتصف كل قوس؛ لكي توفر الدعم اللازم للحوامل لكي لا تتقوس تحت ثقل النباتات التي تستند إليها. تحتاج كل صوبة إلى ٢٣ سقاطة يتراوح طول كل منها بين ٨٠ سم و ٩٠ سم

٦- "أفيزات" حوامل المحصول والدعامات

تلزم "أفيزات" خاصة لوصل حوامل المحصول بالأقواس، وكذلك وصل الدعامات بالأقواس. وتستخدم ذلك أفيزات على شكل حرف U، تتصل بالماسورة بمسمار قلاووظ وصامولة ويلزم لكل بيت ٤٦ أفيزًا لحوامل المحصول، و ٢٤ أفيزًا للدعامات الطولية، و ١٦ أفيزًا للدعامات المقوسة (أفيزات حوامل الأبواب التي يأتي بيانها بعد قليل)، و ٨ أفيزات للدعامات المائلة (يأتي بيانها بعد قليل أيضًا)، بمجموع ٩٤ أفيزًا.

٧- حوامل الأبواب (عوارض القمرات):

يلزم لكل صوبة عارضتان لحمل الأبواب تثبتان في القوسين الأول والأخير تتكون كل عارضة من ماسورة مجلفنة بقطر ١.٥-٢ بوصة (قطر مواسير الأقواس نفسه)، وطول ٦ أمتار

٨- دعامات حوامل الأبواب:

تدعم كل عارضة من حوامل الأبواب بأربع دعامات بطول ٧٠-٩٠ سم كل منها، تكون

مبططة من الطرفين ومعوسة قليلا ويتم تثبيت هذه الدعامات في كل من العارضة والقوس (الأول أو الأخير) بأفيزات على شكل حرف U، يلزم منها ١٦ أفيزًا لكل صوبة

٩ - دعامات القوسين الأول والأخير

يلزم لكل من القوسين الأول والأخير أربع دعامات أخرى تصل ما بين عارضة القمرة والقوس الثاني عند مدخل الصوبة، وبين عارضة القمرة والقوس قبل الأخير عند نهايته ويستخدم لذلك مواسير مجلفنة بقطر ½ بوصة، وبطول ٢.٣٠ مترًا لكل منها تثبت هذه الدعامات مائلة، ويستخدم في تثبيتها من جهة العارضة الأفيزات نفسها المستخدمة في تثبيت دعامة القمرة مع عارضة القمرة، بينما تثبت من جهة القوس الداخلي (الثاني أو قبل الأخير) بأفيزات إضافية، يلزم منها ٨ أفيزات لكل صوبة (أربعة من كل جانب)، وقد سبق بيان أعداد هذه الأفيزات

١٠- أسلاك الشد، وأسلاك حوامل المحصول، وأسلاك التربيط

يلزم لكل صوبة ٣٢ سلك شد تمتد بطول الصوبة وتوزع بالتساوي على جانبيها مع توزيعها بحيث تضيق المسافة بين كل سلكين كلما اتجهنا نحو قمة الصوبة، وتتسع كلما اتجهنا نحو الجانبين (حوالي ٢٠ سم بين كل سلكين عند قمة الصوبة تزاد تدريجيًا لتصل إلى ٦٠ سم مع بداية الجزء السفلي من القوس). يستخدم لذلك سلك نمرة ١٠ أو ١٢. ويبلغ طول السلك اللازم ٣٢ مثل طول الصوبة وإذا استخدام سلك نمرة ١٠ فإنه يلزم منه ١٠٠ كجم لكل صوبة هذا ويقل عدد أسلاك الشد إلى ٢٤ سلكًا فقط، عندما تكون الصوبة بعرض ٧-٧.٥ مترًا

كذلك يلزم لكل صوبة ١٠ أسلاك أخرى من النوعية نفسها، تستخدم كحوامل للمحصول، بمعدل سلكين لكل مصطبة زراعة، وبذا . يكون إجمالي طول السلك اللازم لكل صوبة هو ٤٢ مثل طولها، مع طول إضافي لتثبيت ولف كل سلك منها في القوسين الأول والأخير

ويتم تربيط أسلاك الشد وأسلاك حوامل المحصول مع الأقواس الداخلية باستعمال سلك

مجلفن رقم ١٦ أو رقم ١٨ بعدد ٣٢ × ٢٣ = ٧٣٦ سلكًا – بطول كافٍ – لكل صوبة. وتحتاج كل صوبة إلى ٥ كجم من السلك رقم ١٦ أو ٤ كجم من السلك رقم ١٨ للتربيط

١١– الأبواب:

تزود كل صوبة ببابين بارتفاع ٢٠٠–٢٢٠ سم، وباتساع الصوبة. وقد يفتح الباب برفعه إلى أعلى، أو قد يتكون من ضلفتين تفتحان جانبيًا. وقد تزود كل صوبة بباب صغير لدخول الأفراد عند الرغبة فى إحكام إغلاق الصوبة. وتثبت الأبواب إما فى عارضة القمرة أو من الجانبين بمفصلات خاصة.

١٢– أوناش التهوية ومشتملاتها:

وهى عبارة عن آلات خاصة لثنى البلاستيك أو طيه لأجل تهوية الصوبة. وتكون فتحات التهوية إما فى قمة الصوبة أو بامتداد جانبيها. ويلزم لكل ونش تهوية ضعف طول الصوبة من سلك صلب بقطر مناسب ومستلزمات أخرى يتم تصنيعها لهذا الغرض (عن مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٨٩ بتصرف).

ويتم تجميع أجزاء الصوبة بالترتيب نفسه الذى ذكرت به مختلف أجزائها.

وتتوقف كمية البلاستيك التى تلزم لتغطية الصوبة على نوعية البلاستيك، كما يلى:

مادة البلاستيك	الكثافة النوعية	السمك (ميكرون)	وزن المتر المربع (جم)	المساحة التى يغطيها الكيلوجرام ($م^2$)
البوليثيلين	٠,٩٢	٤٠	٣٦,٨	٢١,٧٠
		٨٠	٧٣,٦	١٣,٥٨
		١٥٠	١٣٨	٧,٢٤
		٢٠٠	١٨٤	٥,٤٣
البولى فينايل كلورايد	١,٢٥	٨٠	١٠٠	١٠,٠٠
		١٥٠	١٨٨	٥,٣١
		٢٠٠	٢٥٠	٤,٠٠

علمًا بأن البلاستيك المستخدم لتغطية الصوب يتراوح سمكه – عادة – ما بين ١٥٠، و ٢٠٠ ميكرونًا.

مثال ٢ البيوت البلاستيكية المستعملة في دولة الإمارات

تبلغ أبعاد البيوت الكبيرة المفردة – التي يكثر استخدامها في دولة الإمارات العربية المتحدة – ٦ أمتار عرضا، و ٣٦ مترا طولا، وتكون بارتفاع ٢,٧ مترًا. وتستعمل في هذا النوع من البيوت أنابيب مياه مجلفنة يبلغ قطرها الداخلي ٣/٤ بوصة. وتتوفر هذه الأنابيب بطول قياسي يبلغ ستة أمتار، ويلزم منها لإقامة البيت الواحد عدد ٧٥ أنبوبة.

يتم ربط الأنابيب بعضها ببعض بواسطة وصلات حديدية بقطر ٢١ ملليمترًا تُصنع على شكل علامة (+) وحروف (T و L)، ويلزم منها على التوالي عدد ٥١، ٤٠، ٤ وصلة للبيت الواحد يتم تصنيعها باستخدام ثلاثة أسياخ من حديد التسليح بالقطر المطلوب.

هذا ويتم تقطيع المواسير المجلفنة بحيث يتحصل من الـ ٧٥ أنبوبة الكاملة على ٧٦ أنبوبة بطول ٢,٣ مترًا و ٩٠ أنبوبة بطول مترين، كما يتم ثني جميع الأنابيب التي بطول ٢,٣ مترا، بحيث يشكل كل أربع منها نصف دائرة بقطر ٦ أمتار.

تتم بعد ذلك إقامة هيكل البيت الذي لا يستغرق عادة أكثر من نصف ساعة إلى ساعة. يتكون هيكل البيت من ١٩ قوسًا بشكل نصف دائري يبعد كل منهما عن الآخر بمسافة مترين، وبذلك يكون طول البيت ٣٦ مترًا.

يتكون كل قوس من أربع أنابيب مجلفنة بطول ٢,٣ مترًا لكل منها، أي يلزم لذلك ٧٦ أنبوبة، وهو العدد الذي سبق تصنيعه. تربط الأنابيب المكونة للقوس الواحد معًا ومع قطع المواسير التي يبلغ طولها مترين، والتي يتم تثبيتها بين الأقواس بواسطة الوصلات التي على شكل (+). ويلزم لذلك عدد ١٧ (الأقواس الداخلية) × ٣ (عدد الوصلات بالقوس الواحد) = ٥١ وصلة بشكل (+). كما يستعمل في هذه العملية عدد ١٨ × ٣ = ٥٤ أنبوبة بطول مترين

أما باقي الأنابيب – وعددها ٣٦ أنبوبة – فإنها تستخدم في ربط أطراف الأقواس، وتكون مدفونة في التربة على عمق نحو نصف متر. ويتم ربط الأنابيب بأطراف الأقواس

بواسطة الوصلات التى على شكل حرف (T)؛ حيث يلزم منها عدد ١٧ × ٢ = ٣٤ وصلة. أما المتبقى من هذا النوع من الوصلات (وعددها ست وصلات) فيستخدم فى ربط الأقواس الطرفية معًا ومع الأنابيب الممتدة بطول البيت أعلى سطح التربة.

ولا يتبقى من الأجزاء التى سبق تصنيعها قبل ذلك سوى أربع وصلات على شكل حرف (L)، وهذه تستخدم فى ربط نهايات الأقواس الطرفية بالأنابيب الأفقية الممتدة بين الأقواس تحت سطح التربة.

تبدأ إقامة الهيكل عادة من أحد جانبيه بإقامة القوس الأول، ثم إيصاله بالمواسير الأفقية، وهذه يتم ربطها بالقوس الثانى، وهكذا حتى القوس الأخير. وبعد إقامة الهيكل يتم مد أسلاك مجلفنة أعلى خطوط الزراعة وعلى مستوى الأقواس مع ربطها بالأقواس بسلك رفيع.

ويحتاج هذا البيت إلى لفة وربع من البلاستيك بعرض ٩,٢٥ مترًا، وبطول ٤٠ مترًا. ويستخدم عادة بلاستيك بسمك ١٨٠ ميكرونًا، ومقاومة للأشعة فوق البنفسجية. ويراعى قبل وضع البلاستيك خلو الهيكل من أية أجسام معدنية خشنة أو مدببة، أو أية نتوءات بالهيكل، أو أية أسلاك خارجة؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى تمزيق البلاستيك

ويثبت البلاستيك على الهيكل المعدنى بعد تقطيعه إلى أجزاء يبلغ طول كل منها حوالى ١٠–١١ مترًا. تُشد كل قطعة جيدًا على الهيكل، وتدفن نهايتاها المتدليتان على جانبى الهيكل تحت الأرض؛ وذلك لتثبيتها وضمان بقائها مشدودة. ويلزم عادة تسع من هذه القطع البلاستيكية تثبت متجاورة ومتداخلة بعضها مع بعض لمسافة ٣٠ سم.

هذا .. ويوصى بطلى الأسلاك والأنابيب المجلفنة الملامسة للبلاستيك بدهان عاكس للضوء لتقليل الأثر الضار لارتفاع درجة الحرارة؛ الذى قد يؤدى إلى احتراق البلاستيك عند نقطة التلامس (وزارة الزراعة والثروة السمكية – دولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢)

الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية

تعتبر الأنفاق الاقتصادية economic tunnels — أو الأنفاق التي يمكن السير بداخلها walking tunnels — أرخص أنواع البيوت البلاستيكية، ويبلغ عرضها عادة نحو أربعة أمتار أما طولها، فيمكن أن يتراوح بين ٢٠ مترًا و ٤٦ مترا، لكن يفضل عدم زيادته عن ٤٠ مترا، حتى لا تسوء التهوية فيها

ويتألف الهيكل الأساسي لهذه البيوت من أنابيب مجلفنة قطرها الداخلي نصف بوصة وتجمع هذه الأنابيب معًا بواسطة سلك قوى مقاس ١٠. ويناسب هذا النوع من الأنفاق زراعة الطماطم، والفلفل، والباذنجان، والفاصوليا، والكوسة، والفراولة، كما أنها تناسب إنتاج الشتلات

ويمكن التحكم في ارتفاع هذا النوع من البيوت باستخدام أنابيب طويلة للأساسات، مع ترك جزء كبير منها أعلى سطح التربة، وبذلك تتوفر نهايتا الأقواس لتضاف إلى ارتفاع البيت

وتستعمل لتغطية هذه البيوت قطعة واحدة من البلاستيكية بطول ٥٠ مترًا، وبعرض ٧,٢ مترًا، وبسمك ١٢٥ ميكرونا ويوضح جدول (٢-١) المواد اللازمة لبناء بيت من هذا النوع بعرض ٤ أمتار، وطول ٤٦ مترًا

جدول (٢-١) المواد اللازمة لبناء بيت بلاستيكي اقتصادي بعرض ٤ أمتار، وطوله ٤٦ مترًا

المادة المستعملة	العدد اللازم
غشاء بوليثيلين ٥٠م × ٧,٥ متر، وبسمك ١٢٥ ميكرونًا	١
انابيب مجلفنة بقطر داخلي نصف بوصة، وطول ٦ أمتار	٢٨
أنبوب جامع بقطر داخلي نصف بوصة، وطول ١,٥ مترًا	٢٧
أنابيب مقوية ضد الريح بقطر نصف بوصة، وطول ٢,١ مترًا	٨
أنابيب الأساسات بقطر بوصة، وطول ٧٥ سم	٥٦
سلك نمرة ١٠ لربط الأقواس	١٣٠ مترًا

وتتبع الخطوات التالية عند إقامة البيت:

١ تحدد الزوايا القائمة للبيت في أركان مستطيل بعرض ٤ أمتار، وبطول ٤٦ مترًا، ويتم ذلك بتحديد أحد جانبي البيت بطول ٤ أمتار، ثم تقام عليه الزوايا القائمة لتحديد موقع الجانبين الطوليين للبيت ويمكن رسم الزوايا القائمة لأركان البيت بسهولة إذا استخدم خيط بطول خمسة أمتار، ليكون وترًا لمثلث قائم الزاوية (عند ركن البيت) طول ضلعيه ثلاثة وأربعة أمتار

٢- يلي ذلك تحضير المواد المستخدمة في عمل البيت، فيتم أولاً تشكيل جميع الأنابيب المجلفنة التي بقطر نصف بوصة وطول ٦ أمتار ليأخذ كل منها شكل نصف دائري يبلغ نصف القطر فيه مترين. ويمكن عمل ذلك إما على هيكل خاص يُصنع لهذا الغرض. أو على هيكل من الأنابيب تدق في الأرض على الشكل المطلوب للأقواس يستخدم لذلك ٤٠ أنبوبة بقطر نصف بوصة. وبطول ٧٥-١٠٠ سم، حيث تُدق في أرض صلبة على بعد ٣٠ سم من بعضها البعض ومن المهم ثني الأنابيب على بعد ٣٠ سم من طرفيها، بحيث تكون هذه الأطراف مستقيمة، وفي وضع عمودي على الأرض عند تركيب الأقواس.

يلي ذلك عمل ثلاث ثقوب بقطر $^{3}/_{16}$ بوصة في كل قوس، أحدهما في الوسط، والآخران على بعد ١٥ سم من الطرفين، ثم تعمل ثقوب أخرى بالقطر نفسه على بعد ١٥٠ سم من طرفي القوس الأول من كل من جانبي البيت، وعلى بعد ٢٠ سم من طرفي القوس الثاني أيضًا من كل من جانبي البيت ومن الضروري أن يتم عمل هذه الثقوب بعد ثني الأقواس. ويتم عمل هذه الثقوب بسهولة بواسطة مثقاب خاص (شنيور).

٣- يتم بعد ذلك وضع أساسات البيت. وهي عبارة عن الأنابيب التي بقطر بوصة واحدة وطول ١٫٥ مترًا ويتوقف عدد هذه الأنابيب على طول البيت، لكنه يكون دائمًا ضعف عدد الأقواس. لأن الأقواس تثبت من طرفيها داخل هذه الأساسات. ولتركيب الأساسات تدق أولاً ٤ أنابيب منها في أركان البيت التي سبق تحديدها على الأرض، ويشد بينها خيط، ثم تدق باقي الأساسات على الجانبين الطوليين، بحيث يكون صافي

لمسافة بين كل أنبوبين متجاورتين فى الخط الواحد ١٥ مترا ويجرى ذلك عمليًا بوضع أجزاء الأنبوب الجامع . والتى تكون بطول ١٥ م بين كل أنبوبتين من أنابيب الأساس هذا، وتدق أنابيب الأسس فى التربة ، بحيث لا يظهر منها فوق سطح التربة سوى ١٠-٢٠ سم

٤- تثبيت الأقواس بإدخال طرفيها داخل أنابيب الأساسات لمسافة ١٥ سم من كل طرف ويتم إحكام ذلك بوضع مسمار بطول ٧ سم فى الثقوب التى عملت خصيصًا لهذا الغرض فى أطراف الأقواس. يعمل المسمار على منع دخول القوس لأكثر من المسافة المرغوبة فى أنبوب الأساس ويجب أن يراعى وضع القوسين الأول والثانى اللذين عملا خصيصًا فى مكانهما بجانبى البيت

هذا يمكن زيادة ارتفاع البيت باستخدام أنابيب أطول للأساسات مع دقها فى التربة بحيث تبرز منها لمسافة ٥٠ سم تثقب أنابيب الأساسات على بعد ١٥ سم من قمتها. ويمر بكل ثقب مسمار ليمنع دخول طرف القوس لأكثر من ذلك، وبذلك يضاف نحو ٥٠ سم إلى ارتفاع البيت

٥ - يعقب ذلك تركيب الأنبوب الجامع ، وذلك بإدخال السلك مقاس ١٠ من الثقب الموجود فى وسط القوس الأول، على أن يمر بالقطعة الأولى من الأنبوب الجامع ، ثم من الثقب الموجود بوسط القوس الثانى، ثم القطعة الثانية من الأنبوب الجامع ، وهكذا واحدة بعد الأخرى وبعد الانتهاء من ذلك يشد السلك جيدا، ويثبت حول القوسين الموجودين فى طرف البيت

هذا ويمكن زيادة متانة البيت بزيادة عدد الأنابيب الجامعة إلى ثلاث أنابيب أو خمس تثبت بالطريقة نفسها. أو بالاستعانة بـ "جلبة" خاصة تثبت فى الأقواس، ويمرر منها الأنبوب الجامع

٦ يلى ذلك تثبيت الأنابيب المقوية ضد الريح (وعددها أربع ، ويبلغ طول كل منها ٢١٠ سم). وذلك بإدخال سلك مقاس ١٠ فى كل منها. ثم يدخل طرفا السلك فى

الثقوب التى عملت لهذا الغرض على بعد ١٥٠، و ٢٠ سم من طرفى القوسين الأول والثانى على التوالى

٧- تكون الخطوة التالية هى تركيب البرواز الخشبى للأبواب بجانبى البيت. يُطمر الجانب السفلى لإطار الباب فى الأرض، ويثبت جانبه العلوي فى الأقواس مع مراعاة أن يكون ارتفاع الباب بالقدر الذى يسمح بتماس قمته مع القوس؛ حتى يمكن تثبيته فيه بصورة جيدة

٨- لتغطية البيت بالبلاستيك يتم أولاً حفر خندقين على الجانبين الطوليين للبيت، كل منهما بعرض ٢٥ سم، ولعمق ٢٥ سم. تستخدم قطعة بلاستيك واحدة بطول ٥٠ مترا، وعرض ٧,٢ مترًا. يفرش الغطاء البلاستيكى على الأرض، على أن يزيد طوله عن كل من جانبى البيت بمقدار مترين، حتى يمكن تثبيت الغطاء على براويز الأبواب يرفع الغطاء فوق الهيكل تدريجيًا، على أن تترك زوائد متساوية من الجانبيين لطمرها فى الخندق، مع مراعاة شد الغطاء جيدًا ليكون مقاومًا للرياح. تدفن زوايا الغطاء الأربع أولاً فى التربة، ثم تشد حواف الغطاء، ويوضع فوقها التراب. هذا ويحسن أن يتم تركيب الغطاء البلاستيكى فى يوم دافئ تزيد درجة حرارته عن ١٥ ْم؛ لأن تركيب الغطاء وهو منكمش فى يوم بارد يؤدى إلى ارتخائه عند تمدده فى الأيام الحارة

أما الغطاء البلاستيكى للأبواب، فيثبت فى البرواز بواسطة شرائح خشبية (سدابات بعرض ٢,٥ سم، وسمك ٢ سم) تدق على البلاستيك فى البرواز بمسامير (عبدالهادى ١٩٧٨ بتصرف)

أغطية البيوت المحمية

تتنوع المواد المستخدمة كأغطية للبيوت المحمية Cladding أو Glazing material، وتختلف كثيرا فى خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضى، وهى أمور يجب أن تؤخذ جميعها فى الحسبان عند اختيار نوع الغطاء

ويمكن تقسيم الأغطية إلى ثلاثة أنواع رئيسية، هي:

١- الزجاج

٢- الليف الزجاجي (الفيبرجلاس) Fiberglass

٣- البلاستيك وأنواعه كثيرة، ومن أهمها ما يلي:

أ- أغشية البوليثيلين polyethylene films

ب- أغشية وألواح البولى فينيل كلورايد polyvinyl chloride (PVC) films and sheets،

جـ- أغشية البولى فينيل فلورايد polyvinyl floride films (الـ Tedlar)

د- ألواح الأكريلك acrylic sheets (الـ Plexiglass)

هـ- أغشية البوليستر polyester films (الـ Mylar)

و- أغشية البولى كربونات polycarbonate sheets (الـ Lexan).

ز- البلاستيك المدعم بالفيبرجلاس fiberglass reinforced plastic (اختصارًا: FRP)، علما بأن الفيبرجلاس عبارة عن ألياف زجاجية مطمورة فى البوليستر (Bucklin ٢٠٠١).

ومن أهم الخصائص التى يجب أخذها فى الحسبان عند اختيار أى من هذه الأغطية ما يلى:

١- نفاذية الغطاء للضوء

ففى المناطق التى تكون ملبدة بالغيوم والإضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغطية التى تسمح بنفاذ أكبر نسبة من الضوء الساقط عليها. وبالعكس فإنه يفضل استعمال الأغطيةالتى تسمح بمرور نسبة أقل من أشعة الشمس فى المناطق الحارة التى تكون فيها شدة الإضاءة عالية معظم أيام السنة

وبرغم أن الغطاء يمتص جزءًا من الأشعة الشمسية الساقطة عليه فى صورة حرارة، إلا أنه يشعها ثانية، إما نحو الفضاء الخارجى، وإما إلى داخل البيت. أما باقى الأشعة الساقطة، فإنها إما أن تنفذ من خلال الغطاء إلى داخل البيت، وإما أن تنعكس مرة

أخرى نحو الفضاء الخارجى. ويكون الانعكاس أعلى ما يمكن فى الصباح الباكر وقبل الغروب حينما تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية منخفضة

ويبين جدول (٢-٢) درجة نفاذية مختلف أنواع الأغطية للضوء كنسبة مئوية من الأشعة الشمسية التى تسقط عليها. وذلك عندما تكون بطبقة واحدة أو طبقتين، الأمر الذى يفضل – أحيانًا – لأجل التوفير فى الطاقة.

جدول (٢-٢): نفاذية أغطية البيوت البلاستيكية للضوء

الغطاء	عدد الطبقات	النفاذية (٪)
الزجاج (٣,٢ مم)	١	٨٨-٨٩
	٢	٧٨-٨٠
فيبرجلاس (شفاف ٠,٦٤ مم)	١	٨٦
	٢	٧٥-٧٧
بوليثيلين (٠,١ مم)	١	٩١-٩٢
	٢	٨٣-٨٤
بولى فينيل فلورايد (٠,١ مم)	١	٩٢-٩٣
	٢	٨٦-٨٧
فينيل شفاف	١	٩١
فينيل غائم	١	٨٩
أكريللك ٨ مم، و ١٦ مم		٨٦، و ٨٣
بولى كربونات ٦,٥ مم، و ١٦ مم		٨٠، و ٧٣

٢- نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء:

لهذا العامل أهمية كبيرة ليلاً. عندما تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التى اكتسبتها أثناء النهار فى صورة أشعة تحت حمراء طويلة الموجة. فإذا كان الغطاء منفذًا لهذا الأشعة، فإنها تفقد فى الفضاء الخارجى، ويبرد البيت بسرعة. بينما تبقى داخل البيت، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذًا لها

٣- نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية :

تزداد أهمية هذا العامل في المناطق المرتفعة التي تزيد فيها شدة الأشعة فوق البنفسجية. مما يستلزم استعمال أغطية غير منفذة لها لتقليل إصابة النباتات بأضرار لفحة الشمس

هذا ويمكن إيجاز درجة نفاذية الأنواع الرئيسية السابقة الذكر من الأغطية لكل من الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء كما يلي

١- لا تقل درجة نفاذية الأنواع المختلفة من الشرائح البلاستيكية للضوء المرئي عن الزجاج.

٢- تعتبر أغطية الزجاج والبوليثيلين غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية. ويعتبر الفيبرجلاس قليل النفاذية، بينما تعتبر بقية الأغطية البلاستيكية منفذة لها.

٣- أغطية البوليثيلين هي الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء، بينما يعتبر الفيبرجلاس وسطًا. أما بقية الأغطية، فهي إما قليلة النفاذية، وإما غير منفذة للأشعة تحت الحمراء

الأغطية الزجاجية

تستخدم في تغطية البيوت المحمية أنواع من الزجاج الشفاف بسمك ٣ مم غالبًا ويتوقف السمك المستخدم على مساحة الألواح المستعملة؛ فيزيد السمك بزيادة المساحة، وعلى ما إن كانت مستخدمة في الجدران، أم في الأسقف. تثبت ألواح الزجاج في براويز خاصة تشكل جزءًا من هيكل البيت.

ينفذ الزجاج الضوء بنسبة ٩٠٪ تقريبًا،ويتوقف ذلك على محتواه من الحديد، حيث تقل نفاذيته مع زيادة محتواه من هذا العنصر. ولا يسمح الزجاج بنفاذ الأشعة تحت الحمراء. وبذلك فهو يعمل على الاحتفاظ بالحرارة المنبعثة من التربة ليلاً داخل البيت، مما يقلل الحاجة إلى التدفئة الصناعية

ولخفض تكاليف التبريد في المناطق الحارة التي تزيد فيها شدة الإضاءة . أنتجت

إحدى الشركات الهولندية زججًا عكسًا للضوء اسمه التجارى. هورتى كير Horti care. وهو زجاج ٤ مم عادى، إلا أنه معامل بغطاء من أكاسيد المعادن metallic oxides التى تعمل على عكس جزء من أشعة الشمس بدرجة أكبر من الزجاج العادى. فبينما ينفذ الزجاج العادى (٤ مم) نحو ٨٥٪ من الطاقة الشمسية الساقطة عليه، فإن زجاج الهورتى كير ينفذ من ٦٢٪–٦٨٪ فقط، والباقى يتم عكسه خارج البيت. ومن الضرورى ملاحظة عملية تركيب الزجاج، بحيث تكون طبقة الأكاسيد داخل البيت

هذا وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم. فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمرًا، إلا أنه يحتاج إلى مراقبة مستمرة لاستبدال الألواح التى تكسر بفعل البَرَدْ أو أية عوامل أخرى.

أغطية الليف الزجاجى (الفيبرجلاس)

يعتبر البوليستر المدعم بالليف الزجاجى Fiberglass Reinforced Polyester (ويطلق عليه اختصارًا اسم الفيبرجلاس أو FRP) البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت المحمية.

يتوفر الفيبرجلاس على شكل ألواح أو شرائح بسمك ١,٥–٢ مم، مسطحة ناعمة flat أو معرجة Corrugated، وكلاهما مرن بالقدر الكافى للتشكيل على هيكل البيت، بحيث يمكن تثبيتها على أى هيكل

وقد يثبت الفيبرجلاس على هياكل البيوت البلاستيكية الرخيصة، فتصبح بذلك تكلفة البيت وسطًا بين تكلفة البيت البلاستيكى والبيت الزجاجى، أو قد يثبت على هياكل البيوت الزجاجية، فتصبح تكلفة البيت الإجمالية قريبة من تكلفة البيت الزجاجى

من أهم خصائص الفيبرجلاس أنه يعمل على تثبيت أشعة الشمس الساقطة عليه، الأمر الذى يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما فى حالة الغطاء الزجاجى كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البَرَدْ من الزجاج، وأكثر تحملاً للانخفاض الشديد فى درجة الحرارة من البوليثيلين.

وبالمقابل يعيب الفيبرجلاس أن السطح الأكريلك للشرائح يتعرض للخدش، وتتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بحبيبات التراب والرمل وبفعل التلوث الكيميائى؛ مما يؤدى إلى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجى؛ فتتجمع بها الأتربة. كما تنمو فيها الطحالب؛ فتصبح داكنة اللون، وتقل نفاذيتها للضوء. ويمكن تصحيح أو معالجة هذه الحالة بتنظيف سطح شريحة الفيبرجلاس بفرشاة قوية نظيفة أو بصوف زجاجى، ثم دهنها بطبقة جديدة من الأكريلك acrylic resin.

هذا وتتراوح فترة ضمان الفيبرجلاس بين ٥ سنوات و ٢٥ سنة. وتكون فترة الضمان طويلة فى الشرائح المغطاة بطبقة مقاومة للأشعة فوق البنفسجية من البولى فينيل فلورايد polyvinyl fluoride

ومن ناحية النفاذية للضوء، فإن الفيبرجلاس الشفاف يتشابه تقريبًا مع الزجاج فى هذه الخاصية. بينما تقل النفاذية للضوء فى الشرائح الملونة (تستخدم هذه الشرائح فى إنتاج بعض النباتات المنزلية التى لا تتطلب إضاءة قوية). وإذا كانت نفاذية الهواء ١٠٠٪، فإن نفاذية الزجاج تبلغ ٩٠٪، ونفاذية الفيبرجلاس الشفاف تتراوح بين ٨٠٪ و ٨٢٪، وتنخفض إلى ٦٤٪ فى شرائح الفيبرجلاس الصفراء، و ٦٢٪ فى الشرائح الخضراء

وتعتبر شرائح الفيبرجلاس أقل مقدرة على التوصيل الحرارى من الزجاج فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحرارى ١٠٠٪ فى الهواء، فإنها تبلغ ٨٨٪ فى الزجاج، و ٦٣٪-٦٨٪ فى الفيبرجلاس الشفاف

ويعنى ذلك أن البيوت المغطاة بالفيبرجلاس تكون أقل احتياجًا إلى التبريد صيفًا، وأقل حاجة إلى التدفئة شتاء من البيوت الزجاجية. ومما يساعد على ذلك أن تسرب الحرارة منها يكون بدرجة أقل مما فى البيوت الزجاجية؛ نظرًا لأن ألواح الفيبرجلاس تكون أكبر مساحة، وبالتالى تقل أماكن اتصال الألواح مع الهيكل. وينطبق ذلك بصفة خاصة على ألواح الفيبرجلاس الملساء. أما الألواح المعرجة، فإنها تزيد كثيرًا من سطح

البيت المعرض للجو الخارجى، مما يزيد الحرارة المفقودة بالإشعاع، الأمر الذى يتطلب زيادة الحاجة إلى التدفئة بنحو ٣٠٪–٤٠٪ عما فى حالة استعمال الألواح الملساء.

هذا ويقدر سمك شرائح الفيبرجلاس بوزن وحدة المساحة، وتستخدم — عادة — شرائح زنه ١.٥ كجم للمتر المربع للأسقف، وشرائح زنه ١,٢ كجم للمتر المربع للجدران.

ونظرًا لأن أسطح شرائح الفيبرجلاس — مثل أسطح شرائح البوليثيلين —تعتبر طاردة للماء Water repellent، فإن قطرات الماء التى تتكثف عليها سريعًا ما تتساقط مع أقل حركة للغطاء بفعل الهواء، أو عند إغلاق باب البيت مثلاً؛ ولهذا يجب رش البلاستيك من الداخل بمادة تجعله أقل طردًا لقطرات الماء، حتى تنزلق القطرات عليه من الداخل إلى أن تصل إلى سطح التربة، بدلاً من سقوطها على النباتات. وعلى الرغم من أنه من الممكن استعمال الصابون العادى لهذا الغرض، إلا أنه يغسل بسرعة، ويستخدم لذلك تحضير تجارى يسمى صن كلير sun clear ترش به جدران البيت من الداخل

ومن أكبر العيوب التى تؤخذ على الفيبرجلاس شدة قابليته للاشتعال (Boodley ١٩٨١، و Nelson ١٩٨٥)

أغطية الأغشية البلاستيكية

إن أكثر أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالاً فى الوقت الحاضر هى أغطية البوليثيلين، والبولى فينايل كلورايد. ويتوفر كلاهما على شكل لفائف من الأغشية التى تختلف فى الطول والعرض والسمك حسب الغرض من الاستعمال. ويمكن التمييز بينهما بسهولة، لأن أغشية البوليثيلين تطفو على سطح الماء، وإذا أحرقت قطعة منه، فإنها تحترق بسهولة كبيرة، معطية شعلة مضيئة جدًا، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة الشمع أما أغشية البولى فينايل كلورايد، فإنها لا تطفو على سطح الماء، وإذا أحرقت قطعة منه. فإنه شعلتها تكون شاحبة، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة حامض الأيدروكلوريك (عبدالهادى ١٩٧٤) كما تقوم الشركات بتصنيع

عديد من أنواع الأغطية اللبلاستيكية الأخرى، منها الجامد Rigid ومنها السهلة التشكيل)

أغشية البوليثيلين

يعد بوليثيلين الصوبات أهم المواد المستخدمة كغطاء للبيوت المحمية، وتتحدد خواصه بالسمك (بالـ mil الذى يعادل ¹/₁ من البوصة، أى حوالى ٢٥ ميكرونًا) وبالعمر المعترض وغالب ما تكون الشرائح المستخدمة بسمك ٥ mil (أى حوالى ١٢٥ ميكرون) وبعمر افتراضى قدره خمس سنوات وغالبا ما تستخدم طبقتان من شرائح البوليثيلين تلك بينهما طبقة من الهواء الذى يدفع بينهما بمضخة صغيرة

وغالبًا ما يُعامل البوليثيلين بإضافات لتحسين خواصه وإطالة عمره الافتراضى، ولكنها تزيد — كذلك — من أسعاره، وتقلل نفاذيته للضوء.

فمثلاً . ما لم تكن شرائح البوليثيلين معاملة بمثبطات ضد الأشعة فوق البنفسجية فإن استعمالها لا يمكن أن يدوم لأكثر من موسم واحد

كما يعامل البوليثيلين بناشرات surfactants للسوائل تجعل قطرات الماء التى تتكثف على الجانب الداخلى للغطاء تنزلق جانبيًا بدلا من تجمعها ثم سقوطها على النباتات. كما أن تجمع قطرات الماء على الجانب الداخلى للغطاء غير المعامل يقلل من شدة الإضاءة بالصوبة

ويمكن بمعاملة البوليثيلين بمواد غير منفذة للطاقة الحرارية المنطلقة من التربة ليلاً على صورة أشعة تحت حمراء طويلة الموجة تقليل فقد تلك الطاقة من النفاذ خلال الغشاء إلى الهواء الخارجي بمقدار النصف، ويعنى ذلك الاحتفاظ بنحو ١٥٪-٢٥٪ من الطاقة التى تفقد من البيوت المحمية ليلاً هذا مع العلم بأن البوليثيلين غير المعامل بتلك المواد لا يشكل عائقًا يذكر أمام نفاذ الأشعة تحت الحمراء وفى المقابل .. فإن طبقة واحدة منه تقلل من نفاذية غشاء البوليثيلين للأشعة النشطة فى البناء الضوئى إلى ٨٢٪

يطلق على أغشية البوليثيلين polyethylene أيضًا أسم polyethene، ويوجد منها نوعان: أحدهما عادى. والآخر مضاف إليه مادة خاصة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، ويسمى كوبوليمر copolymer.

١- البوليثيلين العادى:

يتآكل البوليثيلين العادى عندما يتعرض لأشعة الشمس photodegradable، والأشعة فوق البنفسجية هى التى تحدث التمزق. ولهذا .. فإنه يستعمل — عادة — لموسم زراعى واحد لمدة ٦-٩ أشهر. وبحد أقصى سنة واحدة. ثم يجدد بعد ذلك.

وتعتبر أغشية البوليثيلين أرخص الأغشية البلاستيكية وأكثرها انتشارًا. ويتراوح سمك النوع المستخدم فى الصوبات بين ١٠٠ ميكرون و ١٥٠ ميكرونًا، ويتوفر بعرض يصل إلى ١٢م، وبأى طول. وتبلغ نفاذية البوليثيلين العادى للضوء ٨٨٪؛ وهو بذلك مماثل تقريبًا للزجاج الذى تبلغ نفاذيته ٩٠٪. وهو منفذ لكل من الأشعة فوق البنفسجية (بنسبة ٨٠٪)، والأشعة الحمراء (بنسبة ٧٧٪)؛ وبذلك فهو يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة التى تصدر من النباتات والتربة.ويفيد ذلك فى تقليل الحاجة إلى التهوية والتبريد نهارًا، لكن تقابل ذلك زيادة الحاجة إلى التدفئة ليلاً؛ نظرًا لأن غطاء البوليثيلين يسمح بنفاذ الإشعاع الحرارى الذى يصدر من التربة ليلاً إلى خارج البيت

وفى حالة استعمال طبقتين من البلاستيك كغطاء للصوبات (كما سيأتى بيانه فيما بعد) . فإن نفاذية الغشاءين معًا — للضوء — تنخفض إلى ٧٧٪. ويفيد استعمال طبقتى البلاستيك فى تقليل الفقد الحرارى من البيت ليلاً، وعند إجراء التدفئة الصناعية ليلاً أو نهارا

كما تتوفر أغشية البوليثيلين البيضاء اللون، وتستعمل لخفض شدة الإضاءة داخل الصوبات فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا.

ويعيب الأغطية البلاستيكية العادية سرعة نقص نفاذيتها للضوء بنسبة تتراوح بين

٢٠٪ و ٤٠ . بفعل التغيرات التى يحدثها تعرضها للأشعة فوق البنفسجية كما أن هذه الأغطية تكون سريعة العطب والتمزق تحت تأثير العوامل الخارجية. وخاصة الحرارة المرتفعة، والأوزون، والأشعة فوق البنفسجية

٢- الكوبوليمر Copolymer

الكوبوليمر هو نوع من البوليثيلين المضاف إليه — أثناء التصنيع — بعض المواد الثابتة ضوئيًّا وحراريًّ، مثل أكسيد البنزوفينون بنسبة ٠,٠٥٪-٠,٠٦٪ تقوم هذه المواد بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية وتبطئ من تحلله؛ ولذلك فهو يعيش لفترة أطول تصل إلى سنة ونصف أو سنتين وتتميز هذه الشرائح بلونها الأصفر وفيما عدا ذلك، فإنه لا يختلف فى خصائصه عن البوليثيلين العادى

أدى استعمال أغطية للبيوت البلاستيكية من الـ ethylene-tetrafluoroethylene copolymer إلى تقليل الفاقد فى البلاستيك بنحو ٥-١٠ مرات، مع زيادة الاستفادة من البلاستيك المستعمل. مقارنة بالوضع فى حالة البلاستيك العادى. هذا . علمًا بأن التقييم تم تحت ظروف طبيعية حقيقية دُرس فيها تأثير الأشعة الشمسية والكيماويات الزراعية على كل من فقد البلاستيك للقابلية للشد، وكميات الملوثات التى تتراكم فيه (Stefani وآخرون ٢٠٠٧)

وبذا .. فإن أغشية البوليثيلين المستعملة كأغطية للبيوت البلاستيكية تتوفر بنوعيات مختلفة — حسب نفاذيتها لمختلف الموجات الضوئية — كما يلى:

١- شرائح حاجزة للأشعة تحت الحمراء infrared barrier

تقوم هذه الشرائح بامتصاص الموجات الضوئية الطويلة للأشعة تحت الحمراء لخفض الفقد الحرارى من الصوبة خلال الليل، بينما تسمح للأشعة تحت الحمراء فى المدى الأقصر فى الطول الموجى — والتى تكون أكثر طاقة — بالمرور أثناء النهار؛ بما يؤدى إلى تدفئة الصوبة وتتوفر أنواع عديدة من تلك الأغطية تسمح بمرور الضوء للنباتات النامية

٢- شرائح عاكسة للأشعة تحت الحمراء infrared reflecting.

تقوم هذه الأغطية بعكس الأشعة تحت الحمراء الأقصر طولاً أثناء النهار، بما يسمح بخفض حرارة الصوبة نهارًا.

وقد دُرس تأثير أغطية البيوت المحمية التى تمنع مرور الأشعة تحت الحمراء (FR) أو الحمراء (R) على نمو وتطور ومحصول الطماطم والخيار فى المزارع المائية، ووجد أن نفاذ الأشعة تحت الحمراء (R إلى FR = ٢,٣٣) أدى إلى تثبيط النمو الخضرى وقصر السيقان والسلاميات، وتأخير بدء الحصاد، ونقص المحصول فى بداية الحصاد فى الطماطم، مقارنة بما حدث فى الكنترول (R إلى FR = ١,١١). هذا بينما أدى منع نفاذ الأشعة الحمراء (R إلى FR = ٠,٥٨) إلى التبكير فى إزهار الطماطم بصور معنوية، وتحفيز النمو الخضرى معنويًا كذلك، مع زيادة فى طول السلاميات والسيقان. وفى كلا المحصولين — الطماطم والخيار — كان الحصاد أبكر والمحصول المبكر أعلى عند منع نفاذ الأشعة الحمراء عما فى الكنترول، ولكن التأثيرات كانت أوضح فى الخيار عما فى الطماطم (Murakami وآخرون ١٩٩٧).

٣- شرائح حاجزة للأشعة فوق البنفسجية UV blocking:

تقوم هذه الشرائح بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية حتى طول موجى ٣٩٠ نانوميتر، الأمر الذى يمكن أن يحد من انتشار بعض الأمراض مثل البوتريتس (American Society for Plasticulture — ٢٠٠٨ — الإنترنت).

وقد أفادت معاملة البوليثيلين بمواد تمنع نفاذ الأشعة فوق البنفسجية ذات الطول الموجى ٢٨٠-٣٢٠ نانوميتر (ميكرون) — وهى الأشعة الضرورية لتجرثم الفطر *Botrytis cinerea* — فى منع انتشار الإصابة بالعفن الرمادى الذى يسببه هذا الفطر.

ويستفاد من دراسة قورن فيها نمو وإنتاج الباذنجان فى وجود غطاء بلاستيكى يمنع نفاذ الأشعة فوق البنفسجية كلية بالنمو والإنتاج فى وجود غطاء بلاستيكى عادى يسمح بنفاذ ٥٪ من الأشعة فوق البنفسجية ازدياد طول النباتات بمقدار ٢١٪، والنمو الخضرى

بمقدار ١٧٪. والمحصول بنسبة ٢٠٪، مع زيادة فى أحجام الثمار تحت البلاستيك المانع لنفاذ الأشعة فوق البنفسجية مقارنة بالوضع تحت البلاستيك العادى (Kittas وآخرون ٢٠٠٦)

أغشية البولى فينايل كلورايد

يطلق على أغشية البولى فينايل كلورايد polyvinyl chloride (اختصارًا: PVC) أيضًا اسم أغشية الفينايل Vinyl films وهى تعيش فترة تتراوح — حسب المصادر المختلفة — من ثلاث سنوات إلى خمس. والأغلب أنها تعيش ثلاث سنوات فقط فى المناطق الشديدة الحرارة صيفا وتستخدم عادة أغشية بسمك ٢٠٠–٣٠٠ ميكرونًا، وتتكلف ٣–٤ أمثال البوليثيلين العادى سمك ١٥٠ ميكرونًا.

وعلى الرغم من أن نفاذية أغشية البولى فينايل كلورايد للضوء تبلغ ٨٨٪ (وهى تتشابه فى ذلك مع نفاذية أغشية البوليثيلين، وتقترب من نفاذية الزجاج)، إلا أنها تحتفظ بشحنات كهربائية على سطحها تجذب إليها الأتربة، مما يقلل من نفاذيتها للضوء إلا إذا غسلت كلما تجمع عليها التراب. وتعتبر أغشية البولى فينايل كلورايد أقل نفاذية من البوليثيلين للأشعة فوق البنفسجية (٧٠٪ للبولى فينايل، بالمقارنة بـ ٨٠٪ للبوليثيلين).

ومن أهم مميزات أغشية البولى فينايل كلورايد أنها لا تسمح إلا لنحو ١٢٪ فقط من الأشعة تحت الحمراء بالنفاذ من خلالها، وبذا فهى تعمل على الاحتفاظ بالإشعاع الحرارى الصادر من النباتات والتربة ليلاً داخل الصوبة، وهو الأمر الذى يعمل على رفع درجة الحرارة عن الجو الخارجى ليلاً بنحو ٢–٣ درجات مئوية.

أنواع أخرى من الأغشية البلاستيكية

تعمل الشركات دائمًا على إنتاج أنواع جديدة من الأغطية البلاستيكية، منها الأغطية الجامدة، والأغطية الغشائية السهلة التشكيل، لكن كل هذه الأنواع لم يكن لها — حتى الوقت الحاضر — انتشار يذكر، بالمقارنة بالأنواع التى سبق بيانها.

ومن أهم أنواع البلاستيك الجامد الأخرى ما يلى:

١– بولى فينايل كلورايد الجامد Rigid Polyvinyl Chloride، وهو أكثر تكلفة من الفيبرجلاس، وينفذ الضوء بنسبة ٧٠٪–٨٠٪.

٢– بولى ميثايل مث أكريليت Polymethyl methacrylate:
ينفذ الضوء بنسبة ٩٢٪ ورخيص نسبيًا.

ومن أهم أنواع الأغطية البلاستيكية السهلة التشكيل الأخرى ما يلى:

١– البوليثيلين تيرى فثاليت Polyethylene terephthalate:

وهو يباع تحت الاسم التجارى Mylar. وهو ينفذ الضوء بنسبة ٨٨٪، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٢٤٪، ويجدد عادة كل ٤ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفة.

٢– إيثيلين فينايل أسيتيت Ethylene-Vinyl Acetate (اختصارًا: EVA):
يتميز عن الإيثيلين العادى بأنه:
أ– أكثر نفاذية للضوء.
ب– أقل نفاذية للإشعاع الحرارى من التربة والنباتات ليلاً.
جـ– أكثر تحملاً للإشعاع الشمسى، ويخدم لمدة تتراوح بين سنتين و ٥ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفة.
د– يمكنه أن يتحمل التداول فى حرارة تصل إلى –٤٠°م، بينما لا يتحمل البوليثيلين العادى حرارة أقل من –٢٥°م.

٣– البولى فينايل فلورايد Polyvinyl fluoride (اختصارًا: PVF):
ينفذ الضوء بنسبة ٩٢٪، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٣٣٪، ويتحمل الأشعة فوق البنفسجية. ويخدم لفترة قد تصل إلى ثمانى سنوات (Boodley ١٩٨١، و Nelson ١٩٨٥).

مشاكل استعمال الأغطية البلاستيكية

برغم أن الأغطية البلاستيكية رخيصة الثمن وسهلة التركيب، إلا أن استعمالها يكون – عادة – مصحوبًا بالمشاكل التالية:

١- غالبا ما تتلف شرائح البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت، وخاصة عندما تستعمل الـ PVC في تلك الهياكل؛ بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقط، الأمر الذي يزيد من معدل أكسدة البلاستيك في وجود الأشعة فوق البنفسجية. وحتى بداية ثمانينيات القرن الماضي كان يستعمل مثبتا ضد الأشعة فوق البنفسجية أساسه النيكل، لم يكن يتأثر بأي من الكلورين الحر، أو الـ fluorinated hydrocarbons، أو المركبات الأخرى الطيارة التي توجد بلدائن الـ PVC. ولكن منذ عام ١٩٨٣ أُنتجت الأغشية طويلة البقاء المتحملة للأشعة فوق البنفسجية، والتي تحتوي على مثبطات شفافة للأشعة فوق البنفسجية تعرف باسم hindered amine light stabilizers (HALS) تميزت تلك الأغشية بشفافيتها، وبعدم دكنة لونها مع مرور الوقت. ولكن من عيوب هذه الأغشية أنه عند تعرضها لأي من الكلورين الحر، أو الـ fluorinated hydrocarbons، أو بعض المبيدات، أو الكبريت، أو أي من المركبات الطيارة التي توجد في لدائن أنابيب الـ PVC، فإن المادة المثبطة للأشعة فوق البنفسجية التي توجد بها يثبط فعلها. وعندما يحدث ذلك تقل فترة بقاء غطاء الصوبة البلاستيكي، خاصة في أماكن تلامسه مع الـ PVC. ولذا، يجب ألاّ تتلامس تلك النوعية من الأغطية مع أنابيب الـ PVC.

وأفضل وسيلة للتغلب على مشكلة تلف البلاستيك في أمكان اتصاله بالهيكل هي بطلاء البلاستيك في تلك المواقع بمادة بيضاء عاكسة لأشعة الشمس.

٢- يتعرض البلاستيك للأضرار الميكانيكية التي تؤدى إلى تمزقه.

ويمكن رتق التمزقات البسيطة في الأغطية البلاستيكية للصوبات باستعمال شريط لاصق خاص لهذا الغرض. يفضل تأجيل عملية الرتق إلى حين سطوع الشمس لكي يكون كلا من الغشاء البلاستيكي — عند التمزق — والشريط دافئين. تنظف المساحة المحيطة بالتمزق أولا بصورة جيدة باستعمال أحد منظفات الزجاج، ثم يُجرى الرتق بالشريط على جانبي التمزق إن كان ذلك ممكنًا. وكبديل لتلك العملية يمكن قص مساحة من غشاء بوليثيلين ووضعها على الجزء الممزق من غطاء الصوبة، ثم لصق حافتها مع غطاء الصوبة

باستعمال الشريط اللاصق. وذلك قبل وضع الشريط اللاصق على كامل المساحة المقطوعة.

هذا ولا يجوز استعمال أغشية البوليثيلين التي تخزن وتنقل وهي مطوية في تغطية الصوبات. لأن موضع الثني يكون ضعيفاً، ويتعرض للتمزق في الجو البارد.

٣- غالبا ما يتكثف بخار الماء على الجدر الداخلية للبيوت البلاستيكية بسبب برودة الجو خارج البيت عنه داخله، مع زيادة الرطوبة النسبية داخل البيت ويؤدي التكثف إلى تقليل نفاذية البلاستيك للضوء، كما أن قطرات الماء قد تسقط على النباتات النامية، مسببة أضرارا لها.

عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات صغيرة على السطح الداخلي للغطاء البلاستيكي للصوبة، فإن تلك القطرات تعمل كآلاف من العدسات الصغيرة التي تعكس حوالي ١٠٪-١٥٪ من الضوء الساقط وتمنعه من الوصول إلى داخل الصوبة. ومع تزايد التكثف فإن قطرات الماء تنمو لأحجام أكبر، ثم تسقط تحت تأثير ثقلها على المحصول أسفل منها وإلى جانب مشاكل ابتلال النموات النباتية، فإن هذا التساقط المائي يمكن أن ينقل معه جراثيم مرضية إلى النباتات، كما يجعل جو العمل شديد الرطوبة وغير مريح للعاملين

وتتوفر مركبات (مثل صن كلير sun clear) يؤدي رشها على السطح الداخلي للغطاء البلاستيكي إلى منع تكوين تلك القطرات، حيث ينتشر بخار الماء المتكثف في طبقة رقيقة جدًا — بدلا من تكوين قطرات — تنساب إلى أسفل على امتداد الغطاء حتى التربة، وبذا يبقى الغطاء البلاستيكي نظيفاً وشفافاً، فتزداد نفاذيته للضوء.

كما تعالج مشكلة التكثف هذه بتصميم البيت بحيث يكون انحدار الجدران بنحو ٣٥-٤٠ درجة، حتى تنزلق عليها قطرات الماء بسهولة إلى أن تصل إلى الأرض. كما أن توفير التهوية الجيدة يقلل من مشكلة التكثف.

وفي المقابل . فإن ظاهرة التكثف يكون لها أهميتها أثناء الليل، إذ يقلل الغشاء المتكثف من فقد الحرارة المكتسبة أثناء النهار بالإشعاع ليلاً، نظرًا لأن الماء غير منفذ

للأشعة تحت الحمراء.

كما وجد Feuilloley وآخرون (١٩٩٤) أن تكثف بخار الماء يقلل معامل التوصيل الحرارى للأغطية البلاستيكية، الأمر الذى يساعد على تقليل فقد الحرارة من البيت ليلاً، مع تقليل الفاقد فى الطاقة المستهلكة فى عملية التدفئة إن وُجدت. وبالمقارنة .. يؤدى تكثف بخار الماء على الأغطية الزجاجية للبيوت المحمية إلى زيادة معامل توصيلها الحرارى، وزيادة فقد الحرارة من البيت ليلاً

تجهيز البيت بمناضد الزراعة (البنشات)

لا تستخدم مناضد الزراعة (البنشات) فى الإنتاج التجارى للخضر، ولكنها قد تستخدم فى الإنتاج التجارى لنباتات الزينة التى تربى فى الأصص، كما أنها ضرورة فى البيوت المحمية التى تقام لأغراض البحوث ويصنع هيكل المناضد عادة من الحديد أو الألومنيوم. كما قد تصنع الأرجل من مواسير المياه. أما سطح المناضد، فقد يكون ألواحًا من الحديد، أو الأسمنت، أو أية مادة قوية لا تتشبع بالماء.

ومن الضرورى تصميم المناضد ووضعها بحيث تتحقق فيها الشروط التالية:

١- أن يمكن المرور بينها بسهولة.

٢- أن يمكن للعامل الوصول لأبعد نقطة فى المنضدة وهو فى الممر.

٣- أن يكون ارتفاع المناضد مناسبا لطبيعة نمو النباتات التى ستربى عليها، فتكون منخفضة عند استخدامها فى زراعة نباتات طويلة تربى رأسيًا، وبارتفاع نحو ٨٠-٩٠ سم عند استخدامها فى زراعة نباتات قصيرة هذا . ويوجد ارتباط بين ارتفاع المنضدة وعرضها ليسهل الوصول إلى أبعد نقطة فيها

٤- أن تشغل المناضد أكبر نسبة من مساحة البيت.

الفصل الثالث

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

مقدمة

على الرغم من أن الهدف الرئيسى من الزراعة المحمية كان — ومازال — هو حماية النباتات من الانحرافات الشديدة فى درجة الحرارة، إلا أن المفهوم العام للزراعة المحمية قد توسع فى السنوات الأخيرة ليشمل كافة العوامل البيئية — الجوية منها والأرضية — بغرض توفير الظروف المثلى للنمو النباتى لتحقيق أكبر عائد ممكن من وحدة المساحة.

وأهم العوامل البيئية التى يسعى منتج الخضر إلى التحكم فيها فى الزراعات المحمية ما يلى:

١- درجة الحرارة.

٢- الرطوبة النسبية.

٣- شدة الإضاءة والفترة الضوئية.

٤- نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون.

٥- بيئة نمو الجذور (التربة والبيئات الصناعية المجهزة).

٦- الرطوبة الأرضية.

٧- العناصر الغذائية.

٨- الآفات ومسببات الأمراض (سواء منها ما يصيب النباتات عن طريق الجذور أم النموات الخضرية) باعتبارها جزءًا من بيئة البيوت المحمية.

ونلقى الضوء فى هذا الفصل على وسائل التحكم فى العوامل البيئية الأربعة الأولى (درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وشدة الإضاءة والفترة الضوئية، ونسبة غاز ثانى أكسيد الكربون) كما سبقت لنا مناقشة العوامل الثلاثة التالية (بيئة نمو الجذور،

والرطوبة الأرضيه. والعناصر الغذائية) بالتفصيل فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ ب)، كما نوقش العامل الأخير (الآفات ومسببات الأمراض) فى كتاب "الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر" (حسن ٢٠١٠)، الأمر الذى يتطلب مراجعتهما للتمحيص، ولكنّا نلقى — كذلك — مزيدا من الضوء على تلك العوامل الأربعة الأخيرة ووسائل التحكم فيها — فى الزراعات المحمية — فى الفصول الأخيرة من هذا الكتاب

أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولا على بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال، وطرق تنظيم درجة الحرارة، وطرق انتقالها، لما لذلك من أهمية كبيرة فى كل من البيوت المدفأة والمبردة على حد سواء

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التى يلزم اكتسابها، أم تلك التى يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu) وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهيتية واحدة.

ونظرا لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون — عادة — كبيرا، لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية

وفى النظام المترى يُعرَّف الكالورى Calorie بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. ويعادل الكيلو كالورى kcal ١٠٠٠ كالورى، أو ٣٩٦٨ وحدة حرارية بريطانية

وفى الوحدات الدولية يستعمل الجول Joule (اختصارًا: J) كمقياس لكمية الحرارة، وهو يعادل ٠,٢٣٩ كالورى، أو ٠,٠٠٠٩٥ وحدة حرارية بريطانية.

ولإجراء التحويلات اللازمة فإن كل وحدة حرارية بريطانية تعادل ٢٥٢ كالورى، أو ١٠٥٥ جولاً

هذا والوات Watt (اختصارا W) يساوى جولا واحدًا/ثانية

طرق انتقال الحرارة

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة — أو تبادل الطاقة بين داخل البيوت المحمية وخارجها — فى الجوانب التالية

١- زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه، مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهارًا، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلاً

٢- زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجى، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولاً بأول.

وتتوقف درجة حرارة الصوبة فى أى وقت على التوازن الحرارى، أو صافى تدفق الطاقة بين الصوبة والبيئة الخارجية وتوجد ثلاث وسائل أساسية لتبادل الطاقة، هى التوصيل conduction، والحمل convection، والإشعاع radiation

التوصيل الحرارى

إن التوصيل الحرارى هو انتقال الطاقة خلال مادة أو مواد صلدة تكون على اتصال فيزيائى مباشر. وتعتمد سرعة الانتقال الحرارى خلال مادة ما على الخصائص الفيزيائية لتلك المادة (الكثافة ودرجة التوصيل conductivity)، وسمك المادة، والفرق الحرارى عبر المادة ويمكن الحد من الانتقال الحرارى عبر المادة باستعمال مواد ضعيفة التوصيل الحرارى فمثلاً . يعد الاستيروفوم ضعيفًا كموصل حرارى، بينما يعد النحاس ذا قدرة عالية جدًا على التوصيل الحرارى ويُستفاد من وجود فاصل هوائى بين طبقتين من البلاستيك فى الحد من التوصيل الحرارى عبر الغطاء البلاستيكى المزدوج للصوبات؛ نظرًا لضعف التوصيل الحرارى للهواء

الحمل الحراري

إن الانتقال الحراري بالحمل هو الحركة الفيزيائية للغازات والسوائل بين أماكن تختلف في حرارتها فمثلاً نجد في داخل البيوت المحمية المدفأة شتاء أن الانتقال الحراري بالحمل يحدث عندما يرتفع الهواء الدافئ وينقل حرارته إلى السطوح الباردة لمادة الغطاء، التي تقوم بنقل ما اكتسبته من طاقة إلى الهواء الخارجي بالتوصيل ومع برودة هواء الصوبة بالتلامس مع مادة الغطاء في قمة البيت المحمي فإنه ينساب عائدًا نحو أرض الصوبة

وتوجد صورة أخرى للتبادل الحراري بالحمل، هي بالتسرب infiltration عن طريق التبادل بين الهواء الخارجي والداخلي ويعتمد معدل التسرب على أحجام وأعداد الشقوق والفتحات التي توجد بغطاء الصوبة. كما تعتمد على سرعة الهواء الخارجي ويتحدد معدل تبادل الطاقة بالتسرب بالفرق بين درجة حرارة الهواء الداخل للصوبة والخارج منه واخيرا فإن الرياح تزيد - مباشرة — من النقل الحراري بالحمل من السطح الخارجي لغطاء الصوبة بتقليل سمك الغشاء الهوائي الساكن عند سطح الغطاء

ويُعد انتقال الحرارة بالتخلل إحدى مظاهر الـ infiltration، وفيها تنتقل الحرارة من سطح مشع إلى الهواء أو الماء المتحرك، فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس (الماء أو الهواء) وتقل كثافته. ويبدأ في التحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارة من السطح المشع وهكذا وتلك هي خاصية انتقال الحرارة التي تعتمد عليها طرق التدفئة في البيوت المحمية كما تفقد البيوت المدفأة جزءًا كبيرًا من حرارتها مع الهواء الدافئ المتسرب منها

الإشعاع

يحدث النقل الحراري بالإشعاع بين الأجسام دون أي اتصال فيزيائي، أو وجود أي بيئة ناقلة بينها لأن كل الأجسام تُشع طاقة في جميع الاتجاهات، إلا أنها تتباين في قدرتها على امتصاص الطاقة أو انبعاثها وكل الطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس هي نتيجة

الانتقال الإشعاعى للطاقة. وعندما تصطدم الطاقة المشعة بجسم ما فإنها إما أن تنتقل، أو تنعكس (ظاهرة الانعكاس reflection)، أو تُمتص حسب طول موجة الإشعاع والخصائص الطيفية للجسم فمثلاً .. نجد أن أغطية البيوت البلاستيكية الشفافة تسمح بنفاذ معظم الضوء المرئى (وهو الذى تستخدمه النباتات فى عملية البناء الضوئى)، وتعكس حوالى ١٠٪ منه، ولا تمتص سوى القليل جدًا منه. هذا . إلاّ أن المواد التى تُصنع منها مختلف الأغطية يمكن أن تختلف كثيرا فى خصائصها فيما يتعلق بالأطوال الموجية الأخرى مثل الأشعة تحت الحمراء وعند امتصاص مادة ما للإشعاع فإن الأشعة المتصة تتحول إلى طاقة حرارية تُدفئ تلك المادة وعمومًا فإن المواد العاكسة بشدة تقلل التبادل الإشعاعى، بينما تعد المواد داكنة المعتمة ممتصة جيدة للطاقة الإشعاعية. وهى التى تُعيد إشعاعها فى صورة طاقة حراريه (Jones ٢٠٠١)

وللتوضيح .. فإن الإشعاع يكون على صورة موجات كهرومغناطيسية تتدفق بانتظام خلال الفضاء، وبذلك فإن انتقال الطاقة فى هذه الصورة لا يكون فى صورة حرارة؛ لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات، لكن هذا الإشعاع يتحول إلى طاقة حرارية بمجرد تلامسه مع أى سطح. وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهارًا من الأشعة الشمسية التى تنفذ من خلال غطاء البيت. ثم تتحول إلى طاقة حرارية عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جانيك ١٩٨٥).

وبالمقابل . فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذى تمر من خلاله يكون هذا الفقد الحرارى فى صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء)، ويستمر ليلاً ونهارًا، مادامت درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت

الأهمية العملية لدراسة وسائل الفقد الحرارى

يستفاد من دراسة وسائل الفقد الحرارى فى الأمور التالية:

١- يلزم فى الجو البارد الاستفادة لأكبر درجة ممكنة من الإشعاع الشمسى نهارًا باختيار التصميم والاتجاه المناسبين للبيت والغطاء المنفذ لأكبر نسبة من أشعة الشمس كما يفضل أن يكون الغطاء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء للاحتفاظ بها داخل البيت ليلا ونهارًا

٢ - يلزم فى الجو الحار الصحو خفض نفاذية غطاء البيت للإشعاع الشمسى، كما يفضل أن يكون الغطاء منفذًا للأشعة تحت الحمراء ليتم التخلص من الحرارة المكتسبة أولاً بأول

٣- أما فى الجو المعتدل نهارًا المائل للبرودة ليلاً (كما هى الحال فى فصل الشتاء فى المناطق المعتدلة)، فإنه يفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذ للأشعة تحت الحمراء، حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلاً فى رفع درجة حرارة البيت عن الجو الخارجى بنحو ٢-٣ درجات، دون الحاجة إلى عملية التدفئة الصناعية التى تكون — عادة — غير اقتصادية فى مثل هذه المناطق

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع نفاذية الأنواع المختلفة من الأغطية للأشعة تحت الحمراء فى الفصل الثانى. وذكرنا أن أغطية الزجاج والبولى فينيل كلورايد (سمك ٣٢٥ ميكرونًا) تعد غير منفذة. بينما تعتبر أغطية الفيبرجلاس، والبوليستر والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرونًا) قليلة النفاذية وتعتبر أغطية البوليثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الأغطية يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغطية غالبا ما تكون مغطاة من الداخل ليلاً بطبقة من قطرات الماء المتكثفة. والتى تمنع الفقد الحرارى بالإشعاع، نظرًا لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء

ونظرًا لأهمية هذا الموضوع . فإننا نلقى عليه مزيدًا من الضوء تحت العنوان التالى.

تأثير نوع الغطاء على الفقد الحرارى من البيوت المحمية

يبين جدول (٣-١) الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع

الأغطية كما يمكن الاستفدة من الجدول نفسه فى تقدير إمكانية التخلص من الحرارة المكتسبة من الجو الخارجى نهارًا فى البيوت المبردة

جدول (٣-١): الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية (Nelson ١٩٨٥).

نوع الغطاء	الفقد الحرارى بالانتقال[أ] (Btu/قدم٢)	بالتسرب[ب] (عدد مرات تغير الهواء/ساعة)	بالإشعاع (% من الفقد الكلى)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيبرجلاس	٠,٩٥-١,٠٠	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	—	١٦,٢
البوليثيلين:			
طبقة واحدة	١,٢٠	صفر	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	صفر	—
طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر ٣/١٦ بوصة	٠,٦٠	—	—

(أ) يعبر عن الحرارة المفقودة بالوحدات الحرارية البريطانية التى تنتقل من خلال قدم مربع من الغطاء فى الساعة عندما تكون الحرارة الخارجية أقل من الداخلية بدرجة فهرنهيتية واحدة.

(ب) يحدث الفقد بالتسرب من خلال المسافات بين أجزاء الغطاء، ويعبر عنها بعدد مرات تغير هواء البيت فى الساعة

ويتضح من الجدول أن هواء البيت يتغير بالكامل — وفى غياب أية تهوية — بمعدل مرتين فى الساعة فى البيوت الزجاجية. ويصاحب ذلك فقد كبير للحرارة بالتسرب تلى ذلك بيوت الفيبرجلاس التى يكون الفقد فيها بالتسرب نصف ما فى البيوت الزجاجية. أما البيوت المغطاة برقائق البلاستيك، فلا يحدث فيها أى فقد بالتسرب، نظرًا لأنها تكون محكمة الإغلاق.

هذا إلا أن تقديرات أخرى تشير إلى أن معدل تغير هواء البيوت فى الساعة يبلغ

٥ ٠-٠ ١ مرة فى البيوت المغطاة بطبقتين من رقائق البوليثيلين، و ٠,٧٥-١,٥ مرة فى بيوت الفيبرجلاس والبيوت الزجاجية الحديثة الإنشاء، و ١-٢ مرة فى البيوت الزجاجية القديمة التى مازالت فى حالة جيدة. و ٢-٤ مرات فى البيوت الزجاجية القديمة التى لم تعد فى حالة جيدة

ويبلغ أعلى فقد بالانتقال فى حالة أغطية البوليثيلين، تليها الأغطية الزجاجية، فالبوليستر. فأغطية الفيبرجلاس وجميعها متقاربة، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيرا عند استعمال طبقتين من البوليثيلين العادى. أو عند استعمال طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر ، ,٠ بوصة

وكما هو متوقع فإن النسبة المئوية للفقد الحرارى بالإشعاع تبلغ أقصاها فى البيوت المغطاة بالبوليثيلين، وتقل كثيرًا فى البيوت المغطاة بالبوليستر، وتكون منخفضة للغاية فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس.

ونظرًا للارتفاع الكبير فى تكلفة التدفئة فى البيوت المحمية، فقد اتجهت الدراسات نحو إنتاج أنواع من الأغطية تقلل الفقد الحرارى من البيوت المدفأة إلى أدنى مستوى ممكن. ويبين جدول (٣ ٢) مقارنة بين الأغطية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج، أو الفيبرجلاس. أو البوليثيلين) وعدد من الأغطية الأخرى الحديثة فى مقدار الفقد الحرارى الذى يحدث من خلالها

يتضح من الجدول أن أكثر أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو الغطاء المكون من ثلاث طبقات من الزجاج. تفصل بين كل طبقتين منها مسافة ٦ مم، يليها استعمال غطاء أكريلكى Acrylic ذى طبقتين بسمك ١٦ مم، أو غطاء من البولى كربونات Polycarbonate ذى طبقتين بسمك ١٦ مم. وبالمقارنة .. فإن أقل أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو غطاء الفيبرجلاس، فغطاء البوليثيلين من طبقة واحدة بسمك يتراوح بين ٥٠ ميكرونًا و ١٥٠ ميكرونًا، فغطاء الزجاج العادى المكون من طبقة واحدة أما باقى الأغطية المذكورة فى الجدول، فإنها تعد وسطًا فى هذا الشأن

جدول (٣-٢): الفقد الحرارى من مختلف أنواع أغطية البيوت المحمية

نوع الغطاء	الفقد الحرارى (U)[أ] Btu	W	الفقد بالإشعاع (% من الفقد الكلى)
الزجاج			
طبقة واحدة	١,١٣	٦,٤٠	٤,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٠,٦٥	٣,٦٨	
ثلاث طبقات يفصل بين كل منها مسافة ٦ مم	٠,٤٧	٢,٦٦	
البولى فينايل كلورايد	٠,٩٢	٥,٢١	
الفيبرجلاس	١,٢٠	٦,٨٠	١,٠
الأكريلك			
طبقة واحدة بسمك ٣ مم	١,٠٠	٥,٦٧	
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٨ مم	٠,٦٤	٣,٦٣	
البولى كاربونات			
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٦,٥ مم	٠,٦٩	٣,٩١	
البوليثيلين			
طبقة واحدة بسمك ٥٠-١٥٠ ميكرونًا	١,١٥	٦,٥٢	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	٣,٩٧	
البوليستر (ميلار Mylar)	١,٠٥	٥,٩٥	١٦,٢
البولى فينايل فلورايد			
طبقة واحدة			٣٠,٠
طبقتان	٠,٧٦	٤,٣١	

(أ) U هى مجموع الفقد الحرارى الناتج من التوصيل والإشعاع، وتقدر إما بالـ Btu لكل قدم مربع/ساعة/فرق درجة واحدة فهرنهيتية بين الحرارة داخل وخارج البيت، أو بالـ W لكل متر مربع/ساعة/فرق درجة واحدة مئوية بين الحرارة داخل وخارج البيت.

حسابات الفقد الحرارى

يلزم لأجل تصميم قُدرة نُظم التدفئة فى البيوت المحمية تقدير الفقد الحرارى المتوقع فى أكثر فترات الشتاء برودة. ولحساب ذلك نأخذ فى الحسبان عاملين رئيسيين، هما: الفقد من خلال أغطية البيوت المحمية. والفقد الذى يحدث بالتسرب.

يمكن بتطبيق المعادلة التالية تقدير الفقد في الطاقة الذى يحدث من خلال مادة الغطاء من الحرارة العالية بداخل البيت المحمى إلى الحرارة الأقل فى الخارج، كما يلى

$Q_c = UA(T_i - T_o)$

حيث إن

Q_c = الفقد الحرارى الكلى بالتوصيل بالوحدات الحرارية البريطانية Btu/ساعة

U = معامل النقل الحرارى العام بالـ Btu/قدم[2] لكل درجة واحدة فهرنهيتية فى الساعة

A = المساحة الكلية المعرضة للجو الخارجى من السقف والجدران بالقدم المربع

T_i = درجة الحرارة الداخلية للصوبة بالفهرنهيت.

T_o = درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت.

وعلى الرغم من أن الطاقة تنتقل خلال مادة غطاء البيوت المحمية بالتوصيل، فإن الانتقال الحقيقى للطاقة من السطح الخارجى للصوبة إلى البيئة الخارجية تتضمن خليط معقد من عمليات التوصيل والحمل والإشعاع وتبسط المعادلة السابقة طريقة التقدير باستعمال معامل عام للنقل الحرارى (U) – تم حسابه لمختلف أنواع أغطية لبيوت المحمية – يُكامل بين عمليات تبادل الطاقة ويدمج بينها.

وقد قدر معامل النقل الحرارى العام (بالـ Btu/قدم[2] لكل درجة فهرنهيتية واحدة فى الساعة) لبعض أنواع الأغطية، كما يلى:

مادة الغطاء	معامل النقل الحرارى العام (U)
الزجاج	
طبقة واحدة	١,١
طبقتين بينهما مسافة ١,٢٥ سم	٠,٧
أغشية البوليثيلين	
طبقة واحدة	١,١
طبقتان منفصلتان	٠,٧

مادة الغطاء	معامل النقل الحرارى العام (U)
الليف الزجاجى (فيرجلاس)	١,٠
الأكريلك acrylic المزدوج	٠,٦

وتُستعمل المعادلة التالية لتقدير الحرارة التى تفقد بالتسرب عند تبادل الهواء:

$$Q_i = 0.02\ VC\ (T_i - T_o)$$

حيث إن:

Q_i = الفقد الحرارى الكلى بالتوصيل بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة.

V = حجم البيت المحمى بالقدم المكعب.

A = إجمالى المسطح المعرض للجو الخارجى من السقف والجدرن بالقدم المربع.

T_i = درجة الحرارة الداخلية للصوبة بالفهرنهيت.

T = درجة الحرارة الخارجية بالفهرنيت.

أما القيمة 0.02 فى المعادلة فهى معامل تحويل بوحدات حرارية بريطانية لكل قدم^3 بالفهرنهيت تأخذ فى الاعتبار قدرة وحدة الحجم من الهواء على الاحتفاظ بالطاقة. أما العامل الأساسى فى هذه المعادلة فهو القيمة C، وهى عدد مرات تبادل الهواء بين داخل البيت المحمى وخارجه بالتسرب، والتى تختلف بحسب مادة الغطاء والحالة العامة للصوبة، كما يلى:

نوع الغطاء وحالة البيت المحمى	عدد مرات تبادل الهواء/ساعة
البيوت الجديدة:	
الزجاج والفيبرجلاس	١,٥–٠,٧٥
طبقتان من البوليثيلين	٢,٠–١,٥
البيوت القديمة	
الزجاج – حالة جيدة	٢,٠–١,٠
الزجاج حالة سيئة	٤,٠–٢,٠

تتضمن كلتا المعادلتين مكونات تعتمد على حجم البيت المحمى. ونظرًا لأن الفقد

الحراري بالتوصيل يحدث من خلال الحوائط والأسقف، فإن الفقد الحراري الكلي يزداد بزيادة مساحة الأسطح كذلك فإن لتسرب العددي المرتبط بتراكيب معينة للبيوت المحمية يرتبط — مباشرة — بمساحة الأسطح والحجم

وفي كلتا الحالتين يكون من المفيد تقليل مساحة أسطح الصوبة نسبة إلى مساحة الأرض التي يمكن أن ينمو عليها المحصول وهذا هو السبب في كون البيوت المتصلة معًا gutter-connected أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة عن البيوت المفردة

كذلك تعتمد حسابات الفقد الحراري في كلتا المعادلتين على الفرق بين درجة حرارة البيت ودرجة الحرارة الخارجية. ويجب تخير قيمتا. (T_i) بحيث تمثل أقل حرارة داخل البيت يمكن أن يتحملها المحصول المزمع زراعته. و (T_o) بحيث تمثل أقل حرارة خارجية شتاء يمكن توقعها بالنسبة للمنطقة التي تقع فيها الصوبة

طريقة حساب احتياجات التدفئة

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت المحمية بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة

$$H = [A_1 + (A_2 \times R)] \times T \times G \times W \times C$$

حيث إن

H = احتياجات التدفئة مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة.

A_1 = مساحة غطاء البيت بالقدم المربع

A_2 = مساحة جدران البيت المصنوعة من مواد أخرى غير مادة الغطاء.

R = مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبرًا عنها، بالمقارنة بتوصيل الحرارة في مادة الغطاء) ويوضح جدول (٣-٣) قيمة R حسب المادة التي تصنع منها جدران البيت

T = أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهيت

G = معامل التوصيل الحراري للغطاء حسب أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين

خارج البيت وداخله. ويبين جدول (٣-٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة.

W = معامل سرعة الرياح. يستخرج هذا المعامل من جدول (٣-٥).

C = معامل الإنشاء. تتحدد قيمته بحالة البيت، وكيفية إنشائه، ومدى إحكامه. ويستخرج من جدول (٣-٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧).

جدول (٣-٣): المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت.

مادة جدران البيت السفلية ومواصفاتها	R
ألواح أسبستوس الأسمنت Asbestos Cement Board معرجة بسمك ٩,٥ مم	٠,٩٤
أسمنت:	
سمك ١٠ سم	٠,٧٦
سمك ١٥ سم	٠,٦٧
قوالب أسمنتية:	
سمك ١٠ سم	٠,٥٨
سمك ٢٠ سم	٠,٤٦
قوالب طوب (طابوق) سمك ٢٠ سم	٠,٤٣

جدول (٣-٤) معامل التوصيل الحرارى لغطاء البيت (المعامل G للزجاج[1]) حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله.

أكبر فرق متوقع لدرجة الحرارة بين خارج البيت وداخله (ف°)	معامل التوصيل G للزجاج
٥٠	١,٠٩
٥٥	١,١٠
٦٠	١,١١
٦٥	١,١٢
٧٠	١,١٣
٧٥	١,١٤

[1] تلزم جداول بقيم أخرى للمعامل G عندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج.

جدول (٣-٥) معامل سرعة الرياح W

سرعة الرياح (كيلو متر/ساعة)[أ]	معامل الرياح W[ب]	معامل سرعة الرياح البديل[جـ]
٢٤ أو أقل	١,٠٠	١,١٠
٣٢	١,٠٤	١,١٤
٤٠	١,٠٨	١,١٨
٤٨	١,١٢	١,٢٢
٥٦	١,١٦	١,٢٦

[أ] تؤدى زيادة سرعة الريح عن ٢٤ كيلو مترًا فى الساعة إلى زيادة احتياجات التدفئة بنسبة ٤٪ لكل زيادة قدرها ثمانية كيلو مترات بساعة فى سرعة الريح.

[ب] يعتبر معامل سرعة الرياح بمثابة معامل تصحيح لمعامل التوصيل الحرارى لمادة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الريح على كفاءة الغطاء فى توصيل الحرارة.

[جـ] تستخدم هذه القيم البديلة عندما تدفع أجهزة التدفئة بتيار الهواء الدافئ نحو غطاء البيت.

جدول (٣-٦) معامل الإنشاء C[أ]

نوع البيت وحالته	معامل الإنشاء C
هيكل البيت من المعادن فقط وشرائح الزجاج بعرض ٦٠ سم	١,٠٨
هيكل البيت من الخشب والمعادن وشرائح الزجاج بعرض ٤٠ أو ٥٠ سم	١,٠٥
هيكل البيت من الخشب وشرائح الزجاج بعرض ٥٠ سم	
البيت محكم الإغلاق	١,٠٠
البيت متوسط الإحكام	١,١٣
البيت غير محكم	١,٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء من الفيبرجلاس	٠,٩٥
هيكل البيت من المعدن والغطاء من الفيبرجلاس	١,٠٠
هيكل البيت معدنى والغطاء بلاستيكى	
طبقة واحدة	١,٠٠
طبقتان بينهما فراغ قدره ٢,٥ سم	٠,٧٠

[أ] يغير هذا المعامل من الاحتياجات الكلية المحسوبة للتدفئة، ويعتمد على مادة هيكل البيت، وغطائه، ومدى إحكامه

وعلى الرغم من دقة المعادلة السابقة فى تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة، إلا أنها تتطلب بيانات كثيرة ربما لا تتوفر لدى المزارع المادى؛ لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها أكثر تبسيطًا من السابقة، وفيها تحسب احتياجات التدفئة كالتالى:

$$H = u A (t_i - t_o)$$

حيث إن:

H = هى احتياجات التدفئة مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة.

u = ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود "Btu" فى جدول (٣-٢).

A = مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع.

t_i = درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهيت.

t_o = درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت.

وعلى الرغم من تأثر قيمة u بسرعة الرياح. إلا أن القيم المبينة فى جدول (٣-٢) هى المتفق عليها، على أساس أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم/ساعة. ولبيان تأثير الرياح فى هذا الشأن، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجى من طبقة واحدة — وهى ١,١٣ — تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضًا للرياح، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح.

ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثيلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة/١٠٠٠ قدم[٢] من المساحة الخارجية للبيت لكل درجة فهرنهيتية واحدة من الفرق فى درجات الحرارة داخل وخارج البيت (Sheldrake وآخرون ١٩٦٢، و Sheldrake ١٩٦٧).

طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت المحمى

يتطلب حساب احتياجات التدفئة (وكذلك التبريد) فى البيوت المحمية معرفة المساحة الخارجية للبيت. ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت، كما يلى:

١- البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت Even Span.

تتكون الأسطح الخارجية (شكل ٣-١) مما يلى:

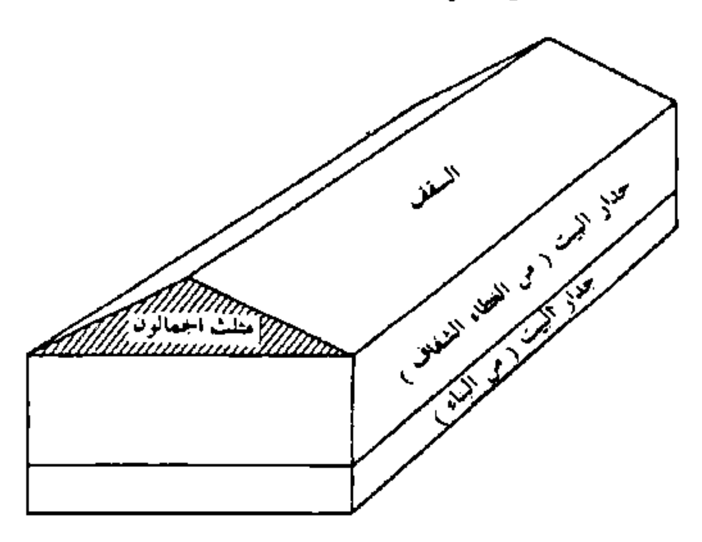
أ- الجانبان الطوليان للبيت، وهما مستطيلان.

ب- الجانبان القصيران للبيت، ويتكون كل منهما من:

(١) الجزء السفلى، وهو مستطيل.

(٢) الجزء العلوى (تحت الجمالون)، وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان.

(جـ) جانبا السقف المنحدران، وهما مستطيلان.



شكل (٣-١) رسم تخطيطى للبيت الجمالونى المتناظر الانحدار على الجانبين even span، يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالى

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة المثلث الذى يتسوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع وتعتبر قاعدة المثلث هى الجنب القصير للبيت، أما ارتفاعه، فهو المسافة من مركز الجملون إلى الأرض، مطروحًا منها ارتفاع الجنب الرأسى من البيت

طول الضلع القصير لكل من جانبي السقف المنحدرين (أو وتر مثل الجمالون)

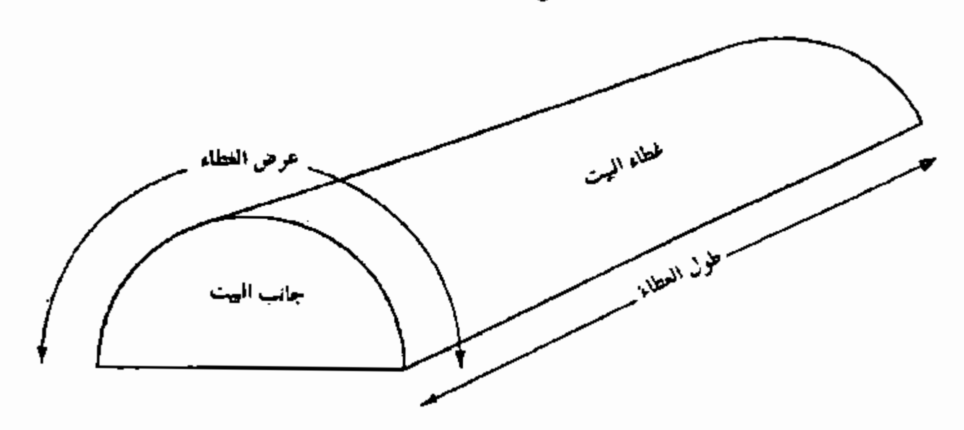
$= \sqrt{\text{مربع نصف قاعدة مثلث الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الجمالون}}$

٢- البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset:

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة (شكل ٣-٢) وتحسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية

المساحة الخارجية للبيت = ½ (٢ ط نق ل + ٢ ط نق²).

حيث إن ط = ٣,١٤٢. ونق = ارتفاع البيت. و ل = طول البيت



شكل (٣-٢) رسم تخطيطي للبيت النصف أسطواني Quonset يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة.

٣- البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطواني المحور Modified Quonset:

تتكون الأسطح الخارجية للبيت من:

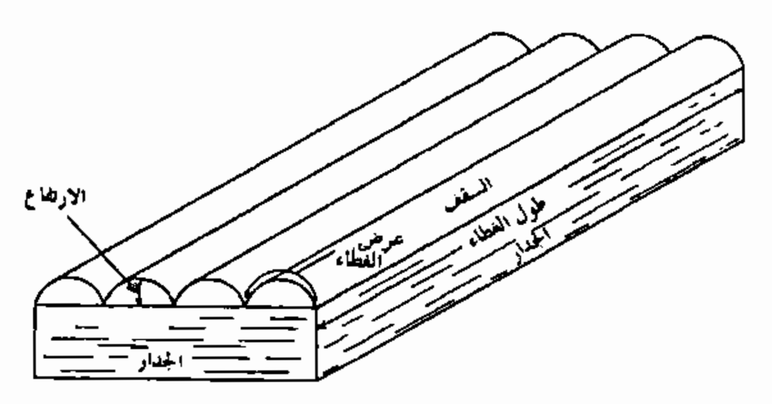
أ- الجزء السفلي للبيت، ويتكون من:

(١) الجانبان الطوليان للبيت، وهما مستطيلان.

(٢) الجانبان القصيران للبيت، وهما مستطيلان.

ب- الجزء العلوي للبيت، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة، وتحسب مساحته كما في حالة البيوت النصف أسطوانية

٤ البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطواني المحور (شكل ٣-٣).



شكل (٣-٣) رسم تخطيطي لمجموعة من البيوت المتلاصقة، كل منها على شكل نصف سطواني محور modified quonset يبين الأجزاء المختلفة للبيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة

طريقة حساب حجم البيت

تتوقف قوة التدفئة أو التبريد اللازمين للبيت على حجمه. ويمكن تقدير ذلك في الأنواع المختلفة من البيوت كالتالي:

١- البيوت المفردة ذات الشكل الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت Even span:

يقدر حجم البيت من المعادلة التالية

$$V = L \times [(He \times W) + (\frac{Hr \times W}{2})]$$

حيث إن V = حجم البيت، و L = طول البيت، و He = ارتفاع الجانب الرأسي من البيت. و W = عرض البيت و Hr ارتفاع مثلث جمالون السقف

كما يمكن حساب حجم البيت بطريقة مختصرة كما يلي (مع الرجوع إلى شكل ٣-٤أ بخصوص الرموز المستخدمة في المعادلة.

$$V\ (\text{حجم البيت}) = \frac{h + H}{2} \times L \times W$$

٢- البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset:

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة، ويحسب حجمه بالمعادلة التالية:

حجم البيت = طول البيت × (١/٢ × ط نق٢)

حيث إن نق = نصف عرض البيت

٣- البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطواني المحور Modified Quonset:

يتكون البيت من جزأين، هما:

أ- الجزء السفلى، وهو متوازى مستطيلات.

ب- الجزء العلوى، وهو نصف أسطوانة، فيها نصف القطر يساوى ارتفاع هذا الجزء.

وبالتالى، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعاملة التالية:

حجم البيت = طول البيت [(عرض البيت × ارتفاع الجزء السفلى)

+ (ط × مربع ارتفاع الجزء العلوى) / ٢]

حيث إن ط = ٣.١٤٢، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق٢

٤- البيوت المفردة المستندة إلى مبنى (يراجع شكل ٣-٤ب):

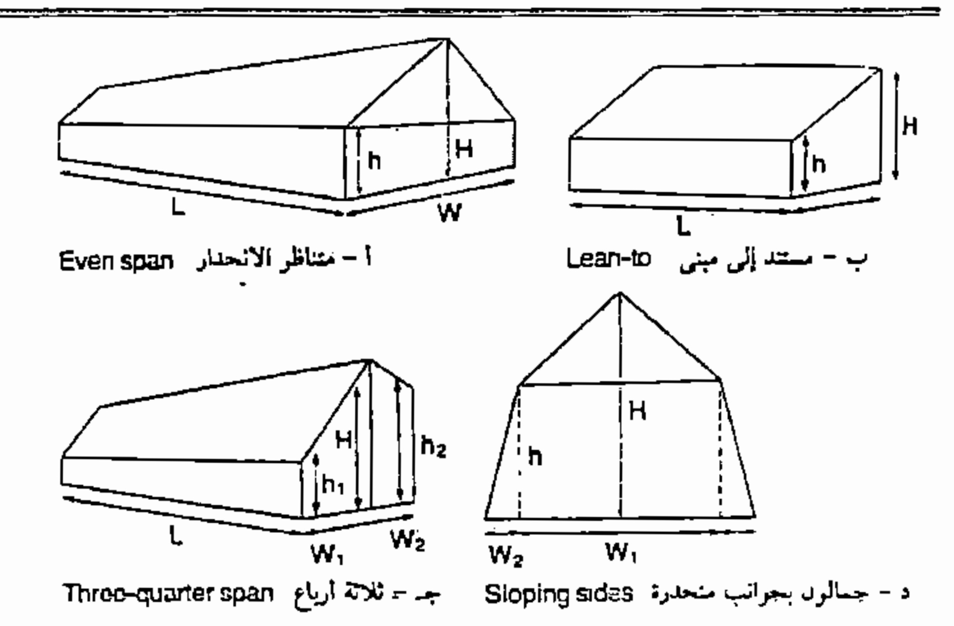
$$V = (\text{حجم البيت}) = \frac{h + H}{2} \times L \times W$$

٥- البيوت المفردة ثلاثة أرباع الجمالون Three-quarter span (يراجع شكل ٣-٤ جـ):

$$V = (\text{حجم البيت}) = (\frac{h_1 + H}{2} \times L \times W_1) + (\frac{h_2 + H}{2} \times L \times W_2)$$

٦- البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى والجوانب المنحدرة Sloping sides (يراجع شكل ٣-٤ د)

$$V = (\text{حجم البيت}) = (\frac{h + H}{2} \times W_1) + (h \times W_2)$$



شكل ٣٠-٤، اشكال بعض أنواع البيوت المحمية وطريقة حساب أحجامها، يراجع المتن للتفاصيل (عن Boatifield & Hamilton ١٩٩٠)

منظم الحرارة

يستخدم منظم الحرارة Thermostat في تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية. ويعمل الجهاز على التحكم في درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلي لأجهزة التدفئة والتبريد ونظام التهوية، سواء بالتحكم في تشغيل المراوح، أم في فتح وإغلاق منافذ التهوية. ويتم تحديد ذلك -- سلفا -- بضبط المنظم على درجات الحرارة التي يتعين عندها تشغيل أو إيقاف أي من هذه الأجهزة. ومن الأهمية بمكان أن يكون منظم الحرارة على درجة كبيرة من الحساسية، حتى لا تحدث تغيرات كبيرة عن درجة الحرارة المرغوبة، مما تكون له تأثيرات ضارة على النباتات، فضلاً على زيادة استهلاك الوقود دون داع.

ولكي تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن، تتعين مراعاة ما يلي بشأنه:

١- يجب أن يوضع المنظم في مكان يمثل متوسط درجة الحرارة في البيت، على أن

يؤخذ فى الحسبان موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية. وغالبًا ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت.

٢- يجب أن يكون موضع المنظم قريبًا من مستوى القمة النامية للنباتات.

٣- يجب إبعاد المنظم كلية عن أشعة الشمس المباشرة التى تؤدى إلى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به. ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبى، مع طلاء السطح الخارجى للصندوق باللون الأبيض أو الفضى لعكس أشعة الشمس.

٤- كما يجب أن يكون المنظم فى مكان جيد التهوية، ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق على شكل ريش تعلو واحدة فوق الأخرى لتسمح بمرور الهواء من خلاله ويفضل تزويد جانب الصندوق بمروحة تدفع الهواء داخل الصندوق بسرعة ١٨٠ مترًا/دقيقة.

٥- تجب إضافة منظم آخر داخل الصندوق مع ضبطه على حرارة ١٠ °م؛ بحيث يعطى رنين جرس فى منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة إلى هذا الحد. ويفيد ذلك فى تدارك الأمر فى حالة فشل أجهزة التدفئة؛ حيث يكون هناك متسع من الوقت قبل انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد. كما يجب أن يكون مصدر الطاقة لهذا المنظم من بطارية أو من مولد احتياطى لضمان عمله حتى فى حالة انقطاع التيار الكهربائى.

٦- يجب وضع ترمومتر آخر عادى داخل الصندوق؛ للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة.

وسائل التوفير فى الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية كاملة، دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد؛ لأن تطبيقها يفيد فى تحقيق قدر أكبر من التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت.

وفيما يلي بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد في البيوت المحمية:

١- اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظرا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت؛ ومن ثم على كمية الطاقة الحرارية التي تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية، وقد سبقت مناقشة كلا الأمرين.

٢- اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضًا والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظرا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت، بل يؤثر أيضا على فقد الحرارة من داخل البيت إلى الخارج، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل، أم بالإشعاع، أم بالتسرب، وقد سبقت أيضًا مناقشة موضوعي تأثير الغطاء على نفاذية الضوء، وعلى فقد الحرارة.

٣- استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة، نظرًا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بدرجة كبيرة. فإذا كان معامل التوصيل الحراري لطبقة واحدة من الغطاء واحدا صحيحًا، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪، و ٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالي، وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البوليثيلين (جدول ٣-٢)، ويعني ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بالنسبة نفسها.

٤- ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (W) في حسابات التدفئة (جدول ٣-٥).

٥- الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه، وتغيير الزجاج المكسور أولا بأول لخفض معامل الإنشاء C في حسابات التدفئة (جدول ٣-٦).

٦- التقليل — قدر المستطاع — من حركة الهواء الدافئ قريبًا من جدران البيت؛ لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل، ويمكن التحكم في ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنابيب التدفئة في البيت.

٧- يجب توجيه الهواء البارد (فى البيوت المبردة) فى مسار يتخلل النباتات، مع التقليل – قدر المستطاع – من حركته أعلى النباتات (فى قمة البيت) أو أسفلها (فى حالة الزراعة على المناضد)؛ نظرًا لأن هذه المسارات تقلل كثيرًا من كفاءة عملية التبريد.

٨- الاستفادة القصوى من عملية التهوية فى خفض احتياجات التبريد، أو الاستغناء عنها نهائيًا فى المناطق المعتدلة.

٩- يمكن خفض الفاقد فى الحرارة ليلاً بمقدار ٧٠٪-٨٠٪ فى البيوت المحمية التى تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين. ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء فى سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف، مكونًا الرغوة التى تنتشر بين طبقتى الغطاء. هذا .. وتتلاشى الرغوة فى خلال نصف ساعة، ويتجمع السائل من جديد فى خزان خاص؛ ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة. ويمكن استخدام النظام نفسه للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهارًا (Collins & Jensen ١٩٨٣).

١٠- تغطية البيوت المحمية بشباك التظليل من أعلى البلاستيك؛ بهدف خفض احتياجات التبريد. وتتوفر الشباك بنسب تظليل تتراوح بين ١٠٪ و ٩٠٪ حسب الحاجة؛ ويمكن فى حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجى للبيت بالجير فى بداية فصل الصيف.

١١- يمكن تحسين التدفئة ليلاً بملء أنابيب بلاستيكية واسعة بالماء، مع جعلها ممتدة على سطح التربة قريبًا من خطوط الزراعة؛ حيث يكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة نهارًا؛ نظرًا لارتفاع حرارته النوعية، ثم يفقدها ليلاً بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات.

ويذكر Tüzel (١٩٩٤) أن استعمال هذه الأنابيب فى البيوت البلاستيكية فى تركيا أدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٣٠٠٪، فى الوقت الذى أدت فيه الأنابيب إلى خفض درجة الحرارة العظمى بمقدار ٢,٤°م، وزيادة درجة الحرارة الصغرى – ليلاً –

بمقدار ١٣٦ ْم على ارتفاع ٥٠ سم من سطح التربة، و ١٤٩ ْم على ارتفاع ١٠ سم من سطح التربة و ٠٦٩ م على عمق ١٠ سم في التربة

وفي دراسة وضعت فيها أنابيب من الأغشية البلاستيكية (plastic sleeves) مملوءة بالماء بين خطوط النباتات في البيوت المحمية لتعمل كمخزن للحرارة نهارا، ومصدرًا لها ليلاً . أدى تظليل النباتات للأنابيب إلى خفض جمعها للحرارة نهارًا بأكثر من ٥٠٪، بينما أدى عزلها عن التربة حراريًّا إلى زيادة كفاءتها بأكثر من الثُلث. كذلك أدى استعمال طبقة واحدة من غطاء الصوبة البلاستيكية إلى زيادة جمع الأنابيب للطاقة مقارنة باستعمال طبقتين. ولكن مُجمل الحرارة داخل الصوبة كان أفضل عند استعمال طبقة واحدة عما في حالة استعمال طبقتين من البلاستيك ولم تكن هناك علاقة واضحة بين الإشعاع الشمسي وجمع الأنابيب للحرارة، مما يدل على أن الحرارة جُمعت كذلك من جو البيت المحمي وبالمقارنة وجد أن جمع بركة مياه للحرارة خارج الصوبة كان أكفأ من جمع الأنابيب داخل الصوبة لها. إلا أن الفقد الحراري من مياه البركة قبل نقلها وأثناء نقلها للصوبة أفقد البركة مزاياها. ولقد كانت الحرارة الدنيا داخل الصوبة المدفأة سببًا بأنابيب الماء أعلى بمقدار خمس درجات مئوية عن نظيراتها في الصوب غير المدفأة. وهو ما كان كافيًا لحماية النباتات من أضرار الصقيع (في نيقوسيا بقبرص) وبينما ازداد المحصول المبكر باستخدام أنابيب الماء، فإن المحصول الكلي لم يتأثر (Photiades ١٩٩٤)

١٢- استعمال ستائر حرارية متحركة Mobile Thermal Screens تُضم نهارًا لتسمح بنفاذ الأشعة الشمسية. وتُفرد ليلا لتمنع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من التربة والنباتات داخل البيت (عن Koning ١٩٩٨) هذا ولم يجد Pirard وآخرون (١٩٩٤) أية اختلافات بين خمسة أنواع من الستائر الحرارية (هي ستائر البوليثيلين، والبوليستر، والبوليستر المغطى بالألومنيوم بنسبة ٥٠٪، أو ٧٥، أو ١٠٠٪). حيث وفرت جميعها في استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠٪

وقد قارن Abak وآخرون (١٩٩٤) استعمال غطاء البوليثيلين المفرد مع كل من

الغطاء المزدوج، والغطاء المزدوج مع ستارة من البوليستر المغطى بالألومنيوم، والغطاء المفرد مع ستارة من البوليثيلين، ووجدوا أن استعمال غطاء مفرد مع ستارة متحركة من البوليثيلين أعطى أعلى محصول كلى من الطماطم (١٠,٣٣ كجم/م٢ مقارنة بـ ٨,٦٦ كجم/م٢ فى الكنترول)، وكان ذلك مُصاحبًا بارتفاع قدره ٣,٤°م فى درجة الحرارة الصغرى.

الغطاء البلاستيكي المزدوج وأهميته

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكى بدلاً من طبقة واحدة يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪، ويخفض احتياجات التدفئة — والتبريد — بالقدر نفسه ولهذا . فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية. وكانت البداية فى البيوت المحمية البلاستيكية؛ نظرًا لرخص أغطية رقائق البلاستيك كثيرًا عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس.

هذا . ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتى الغطاء فى خفض معامل التوصيل الحرارى يلزم تأمين مسافة أربعة سنتيمترات من الهواء الساكن dead air space بين الطبقتين تعتبر بمثابة وسادة هوائية air cushion عازلة، لأن نقص المسافة بينهما عن ذلك يقلل من أهميتهما فى خفض معامل التوصيل الحرارى. وفى حالة تلامسهما، فإنهما يعملان معًا كطبقة واحدة. ولا يؤثران على معامل التوصيل. أما فى حالة زيادة المسافة بينهما. فإن ذلك يكون مصاحبًا بتحركات الهواء المحصور بينهما، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠ سم، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية، ثم إلى الجو الخارجي؛ وبذلك تنخفض كفاءتهما فى العزل الحرارى.

يتم تثبيت طبقتى البلاستيك من خارج البيت. ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرونًا، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون. ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتى البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما، ويجرى ذلك

بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء motor blower لكل بيت يكون قادرًا على دفع ٠,٧٥–١,٥٠م³ من الهواء/دقيقة، وبقوة نصف حصان تقريبًا، ويستهلك ٤٠ وات/ساعة ويجب أن يكون الضغط بين شريحتي البلاستيك ٥–٧,٥مم ماء. ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكة شفافة بطول ٦٠ سم تُثنى على شكل حرف U، وتُثبت على لوحة خشبية بوضع أحد طرفيها بين شريحتي البلاستيك، والطرف الآخر داخل البيت، ومع إضافة ١٥–٢٠ سم طولى من الماء فى الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء فى طرفى الأنبوبة. وكل فرق مقداره ٥ مم يعنى ضغطًا مقداره رطل واحد/بوصة مربعة. هذا . ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملون ليمكن رؤيته بسهولة

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلى:

١– خفض معامل التوصيل الحرارى من ١.٣٥ إلى ٠,٧، ويتبع ذلك توفير احتياجات التدفئة والتبريد بمقدار ٤٠٪، وارتفاع درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل.

٢– تقليل أو منع ظاهرة التكثف، ويتبع ذلك نقص أو انعدام الأضرار التى تصاحب تساقط قطرات الماء على النباتات

٣– زيادة مقدار الضوء النافذ نتيجة لقلة أو انعدام ظاهرة التكثف

٤– يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة داخل البيت

٥– زيادة المحصول

٦– تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمان لوقاية المزروعات فى حالة التلف المفاجئ لإحدى الشريحتين، خاصة فى الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩، و ١٩٧١، و Nelson ١٩٨٥، و Campiotti وآخرون ١٩٩١)

ويفيد حقن الفوم السائل liquid foam (فوم يتم استرجاعه وضخه، إنتاج شركة Sunarc بكندا) فى الفراغ بين طبقتى البلاستيك المغلفتين للصوبة فى الحمية من ارتفاع الحرارة بشدة صيفا، وتقليل الحاجة إلى التدفئة شتاء. وبينما أدى الرش بالماء إلى تخفيض حرارة الصوبة بمقدار ١,٣°م، فإن حقن الفوم كان أكثر فاعلية، حيث أدى إلى

خفض حرارة الهواء بمقدار ٣,٩°م. وحرارة الورقة الخامسة بمقدار ٦,٨°م، وحرارة الساق بمقدار ٥,١°م. وحرارة الثمار بمقدار ١,٢°م فى الطماطم. كما انخفضت حرارة الورقة الخامسة بمقدار ٢,٥°م. وحرارة الساق بمقدار ٢,١°م، وحرارة الثمار بمقدار ٢,١ °م فى الفلفل. كما أدى حقن الفوم إلى خفض الإشعاع الشمسى بمقدار ١٠٪ إلى ٦٠٪ حسب الوقت من النهار كذلك انخفضت إصابة الثمار بالتشقق وتعفن الطرف الزهرى عند التظليل بالفوم السائل هذا إلى جانب أن حقن الفوم أدى إلى زيادة الرطوبة النسبية داخل الصوبة بنحو ٥٪ إلى ١٢٪. وفى الشتاء أدى استعمال الفوم إلى خفض الفقد الحرارى من سقف الصوبة بنحو ٤٠٪ إلى ٦٠٪ خلال الليل (Aberkani وآخرون ٢٠٠٨أ، و ٢٠٠٨ب، و ٢٠٠٨ جـ).

ويَسمح استخدام الأغطية المزدوجة من الأكريلك acrylic والبولى كاربونات polycarbonate بوضع صبغات سائلة فى قنوات مجوفة بين الأغطية كمادة مرشحة للموجات الضوئية. ولقد جُرِّب استعمال عدة صبغات (حمراء وخضراء وصفراء وزرقاء) للتغلب على الاستطالة فى سيقان النباتات - التى تحدث جراء امتصاص الأشعة فوق البنفسجية فى الأغشية التقليدية - وكانت أقوى الصبغات تأثيرًا كبريتات النحاس ($CuSO_4.5H_2O$)، حيث خفضت طول النبات وطول السلاميات فى كل من الطماطم والأقحوان. وكان أقوى تأثير لها عندما استعملت بتركيز ١٦٪. كما أدى استعمال تلك الصبغة إلى زيادة الكلوروفيل بالأوراق، وزيادة دكنة لونها، وكانت النباتات أكثر اندماجًا، وأقل استهلاكًا للمياه (Clemson University, Photomorphogensis Research Program — ٢٠٠٠ — الإنترنت).

لكن من عيوب استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٣-٧). وبينما يعد هذا الانخفاض فى نسبة الضوء النافذ أمرًا قليل الأهمية فى المناطق المعتدلة، وقد يكون مرغوبًا فيه فى المناطق الحارة، إلا أنه يعد عيبًا كبيرًا فى المناطق الباردة التى تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيرًا.

جدول (٣-٧) تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء

الغطاء	نفاذية الغطاء للضوء (٪) في حالة وجود	
	طبقة واحدة	طبقتين
زجاج (سمك ٣,٢ مم)	٨٨-٨٩	٧٨-٨٠
فيبرجلاس (سمك ٦,٤ مم)	٨٦	٧٥-٧٧
بوليثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩١-٩٢	٨٣-٨٤
بولي فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩٢-٩٣	٨٦-٨٧

ويؤيد ذلك دراسة أجريت في البرتغال (خلال الفترة من يناير إلى يولية) قُورن فيها تأثير استعمال غطاء من البوليثيلين (بسمك ٢٠٠ ميكرون) أو غطاءين (بسمك ٢٠٠ ميكرون + ٨٠ ميكرونًا)، مع الزراعة في الحقل المكشوف، حيث وُجد ما يلي

١- كانت حرارة الهواء ليلاً تحت الغطاء المزدوج أعلى بمقدار درجتين مما في الحقل المكشوف، وأعلى بمقدار درجة واحدة مما تحت الغطاء المفرد

٢- كان الإشعاع المؤثر في عملية البناء الضوئي أقل تحت الغطاء المزدوج بمقدار ٢٠٪ مقارنة بالإشعاع تحت الغطاء المفرد، وبلغ ٥٥٪ فقط من إجمالي الإشعاع في الحقل المكشوف

٣- كانت حرارة التربة أعلى عندما استعمل غطاء مزدوج، مقارنة باستعمال غطاء مفرد، وذلك في شهر يناير، ولكن ارتفعت درجة حرارة التربة بسرعة أكبر بكثير تحت الغطاء المفرد مقارنة بالغطاء المزدوج خلال الشهور التالية، حتى أصبح الفارق بينهما ٣-٤ °م أعلى (تحت الغطاء المفرد) في شهر مايو

٤- كانت النباتات تحت الغطاء المزدوج أطول منها تحت الغطاء المفرد، بسبب زيادة استطالة سلامياتها

٥- أدى استعمال الغطاء المزدوج إلى نقص المحصول الكلي بنسبة ٦,٤٪، ولكن لم يختلف استعمال الغطاء المزدوج معنويًا عن استعمال الغطاء المفرد في كل من المحصول المبكر وعدد الثمار الكلي (Vargues وآخرون ١٩٩٤)

كذلك وجد Basçetinçelik وآخرون (١٩٩٤) أن نمو نباتات الطماطم لم يختلف تحت الغطاء البلاستيكى المزدوج عنه تحت الغطاء المفرد، على الرغم من أن الغطاء المزدوج أدى إلى نقص نفاذ الأشعة المؤثرة فى عملية البناء الضوئى – إلى داخل البيت – بمقدار ٥٪–١٠٪، ونقص نفاذ الإشعاع الكلى بمقدار ٢٥٪–٢٩٪ مقارنة بالغطاء المفرد.

طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع الطرق المستخدمة فى تدفئة البيوت المحمية، ولكل طريقة الظروف الخاصه التى تناسبها ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها، بحيث تظل درجة الحرارة دائمًا فى الحدود المسموح بها. ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية، ومدافئ الكيروسين، والبارافين، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة. هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Central heating فى تجمعات البيوت المتصلة.

ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها لتوليد الحرارة أن يوجد مصدر إضافى للتدفئة، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى.

وفيما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية.

التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

يعتمد كلا النظامين على تسخين الماء فى غلايات boilers، ثم نقله فى صورة ماء ساخن أو بخار فى أنابيب خاصة إلى داخل البيت الذى تتم تدفئته بالإشعاع الحرارى من الأنابيب

وفى حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء فى مراجل خاصة، ثم يدفع فى شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت إلى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آليًّا ليستمر داخل الأنابيب فقط، دون الرجوع إلى المراجل. وعندما يبرد

الماء داخل الأنابيب، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذى يسمح بدوران الماء داخل المراجل، ثم إلى الأنابيب، وبذلك يعاد تسخينه وقد يُوَصَّل المنظم بالمضخة مباشرة، بحيث لا يضخ الماء إلا عند انخفاض درجة حرارة البيت إلى الحد الأدنى المسموح به.

وإلى جانب منظم الحرارة السابق الذى يتحكم فى حركة دوران الماء فى الأنابيب، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aquastat) يتصل بالمرجل، ويتحكم فى إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائيًا للمحافظة على درجة حرارة الماء، والتى تكون عادة فى حدود ٨٠°م–٨٥°م.

يعد هذا النظام أقل تكلفة وأسهل تشغيلاً من نظام التدفئة بالبخار وعلى الرغم من بطء اكتساب الأنابيب للحرارة وبطء برودتها فى نظام التدفئة بالماء الساخن عما فى نظام التدفئة بالبخار، فإن الحرارة تكون – غالبًا – أكثر تجانسًا فى النظام الأول

أما فى حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة ١٠٢°م، بحيث يتحول إلى بخار تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالى ٠٫٣٥ كجم/سم٢. وينظم صمام آلى دوران البخار داخل الأنابيب، وفى فتح الصمام الذى يسمح بإدخال البخار إليها هذا وتكون أنابيب التدفئة مائلة قليلاً من أجل إعادة الماء الناتج من تكثف البخار مرة أخرى إلى المرجل، لاعادة تبخيره واستعماله فى التدفئة من جديد

ويعيب هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت، نظرًا لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخنًا بدرجة كبيرة، الأمر الذى قد يضر بالنباتات القريبة منها

يوفر نظام التدفئة بالبخار تسخين سريع وكذلك برودة سريعة لأنابيب البخار، وتقل فيه أعداد الأنابيب التى تلزم لحمل البخار عما يلزم من أنابيب فى نظام التدفئة بالماء الساخن. يمكن أن تكون الأنابيب ناعمة أو مجنحة، ويمكن أن تستعمل معها المراوح لزيادة تجانس توزيع الحرارة إذ لزم الأمر ومع هذا النظام، غالبًا ما يكون نحو ثلث الأنابيب علوية وثُلثاها على امتداد المحيط الخارجى أو الجدر الجانبية وقد يفيد

البخار في تعقيم التربة كذلك. ويتطلب هذا النظام تكلفة إنشائية عالية، ولكنه يبقى لفترة طويلة.

هذا .. وقد كان المتبع قديمًا استعمال أنابيب حديدية بقطر ١٠ سم للتدفئة. هذه الأنابيب كان يعيبها ضعف كفاءتها، نظرًا لبطء إشعاع الحرارة منها، فضلاً على صعوبة تداولها، نظرًا لضخامتها. وقد تغير ذلك الآن إلى استعمال أنابيب بقطر ٥ سم للماء الساخن، وبقطر ٣-٣.٥ سم للبخار.

ويمكن تقدير الطول اللازم من الأنابيب لتدفئة البيت إذا علمت احتياجات التدفئة من الوحدات الحرارية البريطانية في الساعة؛ لأن كل ٣٠ سم طولية من الأنابيب تشع:

١٦٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة في حالة الأنابيب بقطر ٥ سم، وعند استخدام ماء حرارته ٨٢°م.

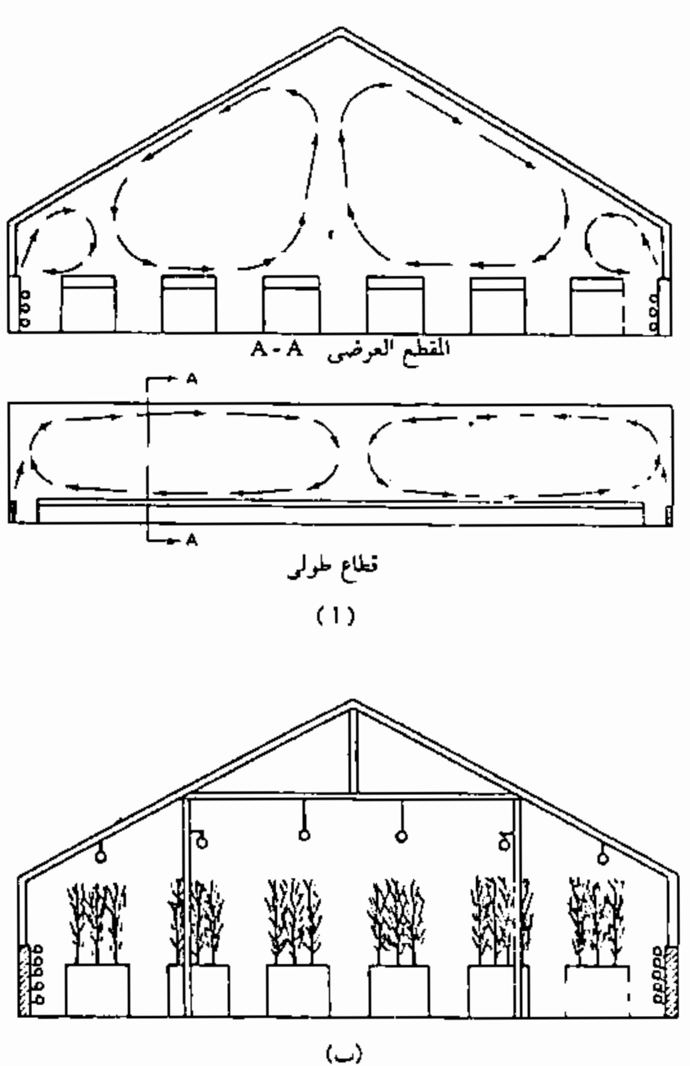
٢١٠ وحدات حرارية بريطانية/ساعة في حالة الأنابيب بقطر ٣,٥ سم، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م.

١٨٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة في حالة الأنابيب بقطر ٣ سم، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م.

وطبيعي أن يزيد الطول اللازم من الأنابيب عن محيط البيت؛ الأمر الذي يستلزم معه عمل عدة طبقات من الأنابيب

ولا يجوز تكديس كل الأنابيب قرب الجدر الجانبية للبيت،؛ نظرًا لأن ذلك يؤدي إلى تولد تيارات هوائية غير مرغوبة، حيث يتصاعد الهواء الدافئ مباشرة موازيًا لجدار البيت حتى يصل إلى السقف، ثم يتحرك جانبيًا إلى أن يتقابل مع تيار مقابل له من الجانب الآخر، فيتجه إلى أسفل منتصف البيت بعد أن يكون قد برد من جراء تلامسه مع جدران البيت والسقف، وبعد ذلك يمر على النباتات وهو بارد؛ فلا تتحقق بذلك الفائدة المرجوة من التدفئة (شكل ٣-٥أ). ولهذا السبب يجب توزيع الأنابيب بحيث يكون بعضها بامتداد خطوط الزراعة أو أعلى مستوى النباتات إلى جانب الأنابيب

الجانبية (شكل ٣-٥ ب) وتجدر الإشارة إلى أن تكدس الأنابيب بعضها فوق بعض يقلل من فاعليتها، إلى درجة تجعل كل خمس أنابيب متقاربة توازى فى كفاءتها أربع أنابيب منفردة



شكل (٣-٥) (أ) مسار التيارات الهوائية عند وجود أنابيب التدفئة على جانبى البيت، (ب) أنابيب للتدفئة على جانبى البيت، وأخرى أعلى مستوى النباتات للتغلب على مشكلة تحرك الهواء خلال النباتات بعد أن يفقد حرارته

وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجي كبير، يطلق عليه اسم الأنابيب الزعنفية أو المجنحة fin pipes، وهي أنابيب عادية، إلا إن لها عديدًا من الأسطح المعدنية الرقيقة البارزة التي تعمل على زيادة مسطحها الخارجي؛ ومن ثم زيادة فعاليتها في إشعاع الحرارة إلى الهواء المحيط بها. ولهذه الأنابيب القدرة على إشعاع الحرارة بما يعادل ٤–٥ أضعاف الأنابيب العادية.

التدفئة بتيارات الهواء الدافئ

تستخدم في التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافئ Circulating Warm Air مراوح كهربائية - لتحريك الهواء الذي يتم إنتاجه بمدافئ كهربائية أو بوحدات تدفئة تعمل بالنفط أو بالغاز. والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافئ الكهربائية، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت؛ حيث تطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجي، بينما يدفع تيار الهواء الدافئ المحيط بوحدة حرق الوقود بواسطة مراوح كهربائية في أنابيب بلاستيكية مثقبة تمتد أعلى مستوى النباتات بطول البيت، حتى يتوزع بصورة متجانسة في جميع أنحاء البيت.

المدافئ الكهربائية

تعتبر المدافئ الكهربائية Electric Heaters أنظف وأسهل طرق التدفئة، لكن يعيبها ارتفاع تكاليفها. وقد تنطلق الحرارة منها من خلال أنابيب مشعة، أو بواسطة المراوح.

المدافئ التي تعمل بالمحروقات

لا تستخدم تلك المدافئ إلا في البيوت الصغيرة الحجم. وهي قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال. لكن يعيبها أنه لا يمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة، كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التي تضر بالنباتات، مثل: غاز ثاني أكسيد الكبريت. ولتلافي هذه العيوب يراعى أن يستعمل في تشغيلها وقود ذو نوعية جيدة، مع تشغيلها بصورة سليمة تقلل من انطلاق الغازات السامة.

تعمل هذه الدافئ عدة - بالغز الطبيعى أو بزيت الوقود. وتعتمد على المراوح لتوزيع الحرارة وغالبا ما تعلق تلك الوحدات من هيكل البيت المحمى، ولكنها قد تثبت أحيانًا على الأرض وهذا النظام للتدفئة يسهل تركيبه. وتكلفته الإنشائية معتدلة وعلى الرغم من أن المدفئات التى تحرق البروبان أو الغاز الطبيعى تُنتج ثانى أكسيد الكربون الذى قد يكون مفيدا للنباتات. فإنها قد تنتج — كذلك — نواتج احتراق أخرى (مثل أول أكسيد الكربون والإثيلين) يمكن أن تكون ضارة لكل من الإنسان والنبات

ويفضل — دائمًا — وجدود مدفأتين صغيرتين على جانبى المروحة الدافعة للهواء بدلاً من مروحة واحدة كبيرة، حيث يمكن تشغيل مدفأة واحدة أو كلا المدفأتين حسب الحاجة، كما تقل فرصة حدوث أضرار بالنباتات جراء تعطل المدفأة فى حالة وجود مدفأة واحدة كبيرة (Jones ٢٠٠١)

يجب توصيل الهواء إلى المدفأة بأنبوبة خاصة تمتد إلى خراج البيت، نظرًا لأنها تحتاج إلى الأكسجين لعملها. بينما تكون البيوت البلاستيكية غالبا محكمة الإغلاق وكقاعدة عامة تلزم بوصة مربعة (٦,٢٥ سم^2) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارة بريطانية (Btu)، وعليه يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم^2 لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية

وإذا ما استخدمت تلك المدفئات التى تعتمد على حرق الغاز أو الوقود البترولى، فإنه يتعين التخلص من الغازات — التى تنتج من الاشتعال — خارج البيت المحمى، مع التأكد من عدم حدوث أى تسرب داخل الصوبة. إن تلك المدفئات تنتج — إلى جانب الطاقة الحرارية — ثانى أكسيد الكربون الذى يلزم لتحسين النمو النباتى، بالإضافة إلى غازات أخرى بعضها سام للإنسان مثل أول أكسيد الكربون، وبعضها الآخر ضار بالنباتات مثل الإثيلين وثانى أكسيد الكبريت. والهيدروكربونات غير المحترقة يمكن لتلك الغازات أن تُحدث مشاكل كبيرة إن لم تكن المدفئات مزودة بمداخن مناسبة، وإن لم يُسمح بدخول هواء خارجى كافٍ لاحتراق الوقود يحتوى الهواء الطبيعى على ٣٠٠

جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون، بينما تستفيد النباتات من تركيزات تصل إلى ٢٠٠٠ جزء فى المليون. وهذا القدر الإضافى يجب الحصول عليه من مصادر تجارية لثانى أكسيد الكربون (تكون – عادة – ثانى أكسيد الكربون صلب أو سائل)، وليس من الاحتراق. هذا .. فضلاً عن أن المدفئات تعمل – عادة – ليلاً – حينما لا يمكن للنباتات استخدام ثانى أكسيد الكربون المنتج. ويُعد بخار الماء من النواتج الأخرى للاحتراق. وهو يؤدى مع التركيزات العالية لثانى أكسيد الكربون ليلاً فى البيوت المغلقة. ومع التركيز المنخفض من الأكسجين بسبب الاحتراق إلى مشاكل فى مكافحة الأمراض

لهذه الأسباب يجب استخدام مداخن بحجم مناسب للمدفئات، على أن تبرز فوق مستوى أعلى نقطة من سقف الصوبة بما لا يقل عن ١,٢م. ويلزم كذلك توفر أنابيب بقطر ١٥–٢٠ سم لتوصيل الهواء الخارجى للمدفئات فى البيوت المحكمة الإغلاق (Buffington وآخرون ٢٠٠٢).

ويمكن حساب قدرة المدفأة التى تستخدم فى تدفئة البيت المحمى بالمعادلة التالية:

القدرة اللازمة بالوحدات الحرارة البريطانية BTUs = (السطح الخارجى للبيت المحمى بالقدم المربع) × (٠,٨ فى حالة وجود طبقتان من الغطاء البلاستيكى) × (درجة الحرارة الدنيا المسموح بها فى الصوبة – درجة الحرارة الدنيا المتوقعة فى الهواء الخرجى بالفهرنهيت)

فمثلا إذا كانت مساحة السطح الخارجى (المعرض للجو الخارجى) للبيت المحمى ٤٠٠٠ قدم مربع (٣٧١,٦م^2). وتستخدم طبقتان من الغطاء البلاستيكى، وكانت أقل حرارة يُسمح بها داخل الصوبة ٥٨°ف (١٤,٤°م)، وأقل حرارة متوقعة فى الجو الخارجى –١٠°ف (–٢٣,٣°م)، فإن قدرة التدفئة اللازمة تكون:

٤٠٠٠ × ٠,٨ × [٨٥ – (–١٠)] = ٢١٧٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية.

وإذا زادت سرعة الرياح عند ١٥ ميل/ساعة (٢٤,١٥ كم/ساعة) خلال موسم التدفئة فإن قدرة التدفئة تجب زيادتها بنسبة ٤٪ لكل ٥ ميل فى الساعة زيادة عن سرعة ١٥ ميل فى الساعة

فمثلا إذا كانت سرعة الرياح ٢٠ ميلاً فى الساعة، فإن قدرة التدفئة تجب زيادتها بمقدار (٢١٧٠٠٠ × ٠,٠٤) = ٨٦٨٠ وحدة حرارة بريطانية، أى تصبح القدرة المطلوبة ٢٢٥٦٨٠ وحدة حرارة بريطانية (Marr ١٩٩٥)

ويستعمل نظام أنابيب البوليثيلين poly-tube system -- غالبًا — مع أى من نظامى التدفئة التى أسلفنا الإشارة إليهما لتوفير تدفئة أكثر تجانسًا، وكذلك لأجل تحريك الهواء والتهوية ويتكون هذا النظام من أنبوبة بلاستيكية كبيرة مثقبة تتدلى من سقف الصوبة وتمتد بطولها تتصل هذه الأنبوبة من أحد جانبيها بجدار الصوبة حيث توجد مدفأة ومروحة قوية دافعة للهواء، بينما يكون الجانب الآخر للأنبوبة مغلقًا ويتم تشغيل ووقف تشغيل المدفأة والمروحة بواسطة منظم حرارى. يطبق هذا النظام — غالبا فى الصوبات الكبيرة المفردة أو المتجمعة تمتلئ الأنبوبة بواسطة المروحة التى تتلقى الهواء الساخن من مصدر التدفئة، لينطلق الهواء المدفأ فى البيت من خلال ثقوب الأنابيب

يجب الاهتمام بموضع أنابيب التوزيع وتقليديًا تثبت أنبوبة بلاستيكية كبيرة بقطر ٧٥ سم بامتداد طول الصوبة من المروحة الدافعة للهواء إلى الجهة المقابلة وتوضع هذه الأنبوبة — عادة — على ارتفاع ٢٤٠ سم أعلى سطح التربة. ونتيجة لذلك فإن الحرارة تطلق فوق مستوى النمو النباتى، وتستخدم طاقة كثيرة فى رفع حرارة الهواء أعلى الصوبة وكبديل أفضل، يمكن إطلاق الهواء الساخن فى أنابيب بلاستيكية بقطر ٢٠سم توضع على التربة أو بالقرب من سطح التربة تحت النباتات، حيث ترتفع الحرارة إلى حيث النمو النباتى ويفيد هذا الوضع للأنابيب فى خفض الرطوبة النسبية حول النباتات وتقليل الإصابة بالأمراض وتحسين نوعية الثمار

التدفئة بالطاقة الشمسية

يعمل نظام التدفئة بالطاقة الشمسية Solar Heating على مبدأ تخزين الحرارة الناتجة من أشعة الشمس نهارًا بواسطة تسخين الماء وحفظه فى خزانات لإعادة استخدامه فى التدفئة ليلاً.

تُجمع الحرارة من أشعة الشمس بواسطة ألواح خاصة مطلية باللون الأسود لزيادة قدرتها على امتصاص الحرارة التى لا تلبث أن تنتقل منها بالتوصيل إلى طبقة رقيقة من الماء تمر بداخلها. ويدور الماء من أنابيب التسخين إلى خزان متصل بها يبطه بواسطة مضخة خاصة توجد فى خزان الماء. وتقوم مضخة أخرى بدفع الماء الساخن للدوران فى شبكة أنابيب التدفئة فى البيت.

وتجدر الإشارة إلى أن كفاءة هذه الطريقة فى التدفئة تتأثر بشدة، وتنخفض كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم؛ الأمر الذى يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطى كمواقد الكيروسين مثلا (عرقاوى ١٩٨٤).

كما يستفاد من الطاقة الشمسية فى تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green Houses. وقد أنشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطنى (INRA) فى Montfavet بفرنسا، وهى بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج العلوية منهما زجاج عادى، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء. ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارًا، ويستخدم فى التدفئة ليلاً، ويحفظ الماء فى مخازن تحت الأرض خارج البيت. وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة، فإنه يخلط بماء جوفى يسحب أولا بأول بطلمبات خاصة، علمًا بأن حرارة الماء الأرضى تتراوح دائمًا بين ١٢ °م و ١٥ °م.

وبهذه الطريقة لا تحتاج هذه البيوت إلى أية تدفئة أو تبريد، ولكن المحصول يقل فيها قليلاً، نظرًا لضعف شدة الإضاءة بها شتاءً.

التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدى استخدام الأشعة تحت الحمراء فى التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات فقط، مع بقاء هواء البيت باردًا، لكن تظهر اختلافات فى درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد، لأن الأجزاء المظللة لا تصل إليها الأشعة، وتبقى باردة

وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة، فإن هواء البيت — فى حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء — يكون أبرد. وتكون رطوبته النسبية أعلى (Knies & Breuer ١٩٨٠) وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء فى تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب، منها الاختلافات فى درجات حرارة الهواء والتربة والنبات، والعلاقات المائية

تدفئة التربة عن طريق مواسير الصرف

وجد Gent & Malerba (١٩٩٤) أن دفع هواء ساخن من خلال مواسير الصرف المغطى تحت مصاطب الزراعة أدى إلى رفع حرارة التربة من ١٠°م إلى ٢٠°م خلال أسبوع واحد من المعاملة فى منتصف مارس، بينما لم تصل حرارة التربة فى معاملة الشاهد إلى هذه الدرجة إلا فى شهر مايو (بولاية كونيكيتكت الأمريكية). وقد أدت المعاملة إلى زيادة محصول الطماطم المبكر بنسبة ١٤٪، والمحصول الكلى بنسبة ١٦٪، ومحصول ثمار الدرجة الأولى بنسبة ١١٪

طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف فى بعض دول العالم، والتى من أمثلتها دول الخليج العربى التى يزيد المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى معظم أرجائها عن ٤٠°م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر وقد تصل درجة الحرارة العظمى فى بعض أيام الصيف إلى ٤٨°م–٥٠°م، الأمر الذى يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر فى الحقول المكشوفة، فضلاً على

انخفاض الرطوبة النسبية في المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستويات تقل غالبًا عن ١٥٪. وهي دون الحد المناسب للنمو النباتي، والتلقيح، وعقد الثمار.

وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة في هذه المناطق، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار ١٥°م، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠٪-٨٠٪، ولا يتأتى ذلك إلا داخل البيوت المحمية المبردة.

لا يمكن - أبدًا - الاعتماد على التهوية فقط في خفض حرارة هواء الصوبة الداخلي إلى أقل من حرارة الهواء الخارجي، فذلك لا يتحقق إلا بالاعتماد على نظام التبريد، وخاصة التبريد المعتمد على تبخير الماء. يعمل التبريد بالتبخير على مبدأ أن الهواء الذي تقل رطوبته النسبية عن ١٠٠٪ يؤدي - عند ملامسته لسطح مائي - إلى تبخير الماء ليحُمل كبخار ماء مع الهواء المار عليه. وهذا التحول من الصورة السائلة للماء إلى صورة بخار ماء يتطلب طاقة يُحصل عليها من الهواء، الذي تنخفض بالتالي درجة حرارته.

هذا.. وتتبع طريقتان رئيسيتان في تبريد البيوت المحمية؛ هما: التبريد بالرذاذ أو الضباب، والتبريد بمبردات الهواء. أما التبريد بمكيفات الهواء، فلا يصلح للإنتاج التجاري للخضر؛ نظرًا لارتفاع تكاليفه، ولكنه قد يستخدم في البيوت المخصصة للبحوث العلمية.

التبريد بالضباب

يعمل نظام الضباب fog system (أو التضبيب misting) تحت ضغط عالٍ لإنتاج عدد هائل من قطيرات الماء الصغيرة جدًا التي تعلق في الهواء كالضباب، ولا تسقط على الأرض مثلما يحدث مع الرذاذ، وإنما تتبخر في الحال؛ ومن ثم تنخفض حرارة الهواء، كما ترتفع رطوبته النسبية. ويتطلب إنتاج تلك القطيرات الدقيقة بزابيز (نوزلات) nozzles خاصة وضغط يتراوح بين ٥٠٠، و ١٠٠٠ رطل على البوصة المربعة (٣٥-٧٠ كجم على السنتيمتر المربع)

يمكن توزيع خطوط البزابيز بامتداد طول الصوبة، لضمان تجانس التبريد والرطوبة النسبية

ويجب أن يكون هذا النظام للتبريد مصاحبًا بمراوح للتهوية

ويتطلب هذا النظام دقة في إدارته. وأن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالى تقريبًا من الأملاح. كما يتطلب ترشيح المياه ليمكن تشغيل النظام بكفاءة.

وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردًا، كما هى الحال فى المناطق المعتدلة، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء فى المناطق الشديدة الحرارة. ففى المناطق المعتدلة يفيد الضباب فى تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية إلى الدرجة التى تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقاوون. أما فى المناطق الحارة، فإن الضباب يساعد — مع مبردات الهواء — على إحداث خفض أكبر فى درجة الحرارة؛ نظرًا لأن المبردات قد لا تكفى بمفردها فى الفترات الشديدة الحرارة ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام "التضبيب" فى جميع البيوت المحمية فى المناطق المعتدلة والحارة على حد سواء

ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب فى ترويد النباتات بجزء من مياه الرى التى تلزمها. وقد لا تروى النباتات إلا بالرذاذ، لكن يعيب هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة فى بالات القش المضغوط.

ومن ناحية أخرى . استعمل الرذاذ مع شباك التظليل — خارجيًّا — فى خفض درجة الحرارة داخل الصوبت مثلاً . قام Willits & Peet (١٩٩٤) بوضع شباك من البوليثيلين الأسود — توفر تظليلاً بنسبة ٥٥٪ — خارجيًا، وعرضها للرذاذ يومًا، مع تركها دون رذاذ يوما آخر وهكذا بالتبادل — يوميًا — لمدة ٩ أسابيع (ابتداء من ١٠ يولية فى ولاية كارولينا الشمالية الأمريكية)، وكان تشغيل الرذاذ لمدة ٣٠ ثانية كل ٣ دقائق كلما ازداد الإشعاع

الشمسى عن ٤٠٠ واط (W)/م٢. أدت هذه المعاملة إلى خفض درجة الحرارة داخل الصوبة، وقللت الحاجة إلى التبريد (مع التوفير فى كمية المياه والطاقة المستهلكة فى عملية التبريد)، وخفضت درجة الحرارة القصوى للأوراق بنسبة ٨,٣٪، وللتربة بنسبة ١٧,٦٪ مقارنة بمعاملة الشاهد التى بُرِّدت بنظام المروحة والوسادة فقط

وقد أوضحت دراسة استخدم فيها التبريد باستعمال الضباب (الذى تم توفيره من خلال بزابيز تحت ضغط عال) — ومع توفير مسار طويل لحركة الهواء داخل الصوبة — أن تلك الطريقة أحدثت خفضاً قدره ٥–٧ °م عن حرارة الهواء الخارجى التى كانت — فى المتوسط — ٣٦ °م (Chen & Lin ١٩٩٨)

كما تم فى إحدى الدراسات تبريد البيت المحمى باستعمال نظام التبريد بتبخير الضباب evaporative cooling system، حيث أُنتج الضباب بالرش تحت ضغط لمدة دقيقة واحدة فى كل فترة ٣–٤ دقائق من بزابيز nozzles على ارتفاع مترين من سطح التربة. وقد تركت كل فتحات التهوية الجانبية والسقفية مفتوحة لزيادة حركة الهواء وتبخر الضباب أثناء التبريد. ولقد انخفضت حرارة الهواء داخل الصوبة بفعل هذا النظام إلى نفس درجة حرارة الترمومتر المبتل فى خلال دقيقة وحدة من بدء التشغيل. وكان نظام التبريد بتبخير الضباب أعلى تأثيرًا فى خفض حرارة الهواء عن خفضه لحرارة أوراق الطماطم النامية بالصوبة (Hyashi وآخرون ١٩٩٨)

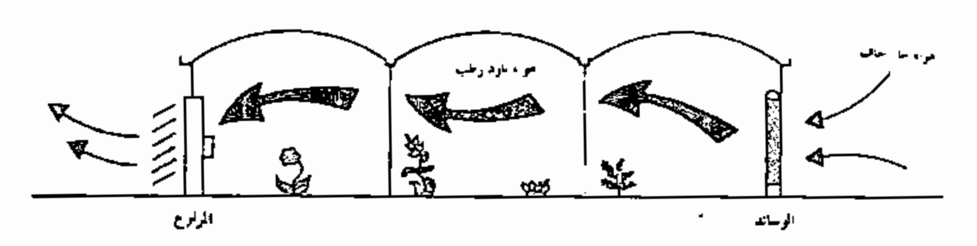
ومن ناحية أخرى .. تبين لدى مقارنة التبريد بالتضبيب تحت ضغط عال كلما ارتفعت الحرارة إلى ٢٤ °م، بالتهوية من السقف أو من الجوانب مع استعمال سيران مانع لدخول الحشرات أن التهوية الطبيعية تفيد فى تبريد البيوت المحمية بكفاءة مع التوفير فى استعمال الماء (Sase وآخرون ٢٠٠٧).

التبريد بمبردات الهواء

يطلق على نظام التبريد بمبردات الهواء Air Coolers اسم التبريد الصحراوى، أو نظام المروحة والوسادة Fan and Pad System

طريقة عمل مبردات الهواء

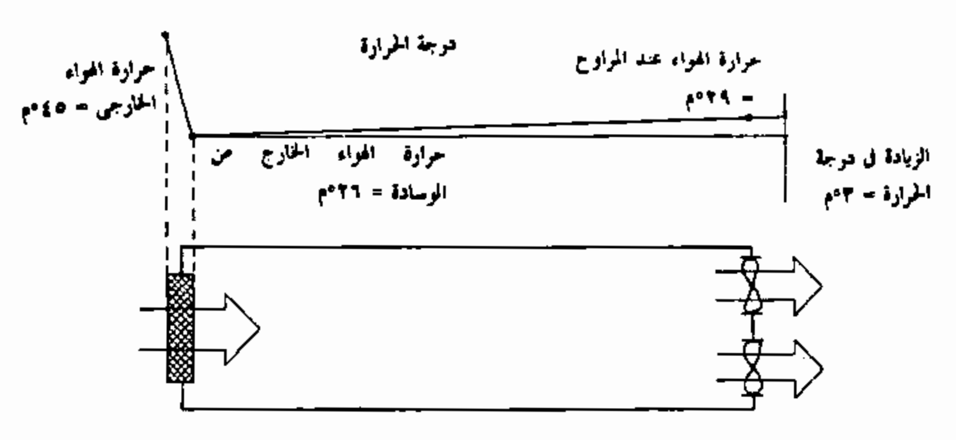
يعتمد التبريد فى هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد pads مبتلة عن طريق إجبار تيار من الهواء بالمرور من خلالها يتم إيصال منظم للحرارة بمروحة كبيرة توجد فى أحد جانبى البيت، بينما توجد الوسائد فى الجانب الآخر وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسوح به يقوم المنظم بتشغيل كل من مروحة ومضخة ماء. تقوم المضخة بدفع تيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة، بينما يؤدى تشغيل المروحة إلى إحداث تفريغ داخل البيت، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة، حيث يتبخر جزء من الماء، ومن ثم يكون الهواء الداخل إلى البيت باردًا أو رطبًا (شكل ٣-٦). أما الماء الذى لا يتبخر. فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى وهكذا.



شكل (٣-٦) مسار الهواء فى البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة

ويتم التبريد فى هذا النظام على أساس أن تبخر الماء يحتاج إلى طاقة، وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة أو الهواء المحيط بها، وعليه . تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت عن الجو الخارجى، وقد يصل الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى ٦-١٤°م، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذى يمر خلال البيت تدريجيًا. ويقدر الفرق بين درجتى الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣-٤ درجات مئويه (شكل ٣-٧)

ولتحقيق ذلك يتعين أن يكون غطاء البيت سليمًا تماما، وأن تكون جميع الأبواب ومنافذ التهوية مغلقة، وإلا اندفع الهواء الخارجى من خلالها — بدلاً من مروره من خلال الوسادة — الأمر الذى يؤدى إلى رفع درجة حرارة الصوبة



شكل (٣-٧) التغيرات فى درجة حرارة الهواء المار خلال البيوت المبردة بنظـــام المروحـــة والوسادة.

الوسائد Pads

كانت الوسائد تصنع من أكياس شبكية مملوءة بأية مادة ماصة للماء وذات سطح كبير، مثل القش. أو قشارة الخشب. أو ما شابه ذلك من المواد، إلا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير فى الوقت الحاضر، نظرًا لضعف كفاءتها، وضرورة تغييرها سنويًّا.

أما الوسائد الحديثة. فإنها تتكون من ورق سيليلوزى معرج، ومشبع بأملاح غير ذائبة، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التى تساعد على البلل. وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر. وهى تتوفر بسمك يتراوح بين ١٠ سم و ٣٠ سم، علمًا بأن زيادة السمك تعنى نقص المسطح العام للوسادة الذى يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم. وتستعمل الوسائد السميكة (٢٠-٣٠ سم) فى الأجواء الشديدة الحرارة. وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد بنحو ٦٠٪ عن كفاءة الوسائد التى تملأ بالمواد الماصة

توضع الوسائد بامتداد جوانب الصوبة مقابلة لمراوح السحب على الجانب الآخر. وإذا ما حدث ابتلال كامل لكل أسطح الوسادة (بالماء التى يتساقط عليها من أعلى)، فإن ذلك يعنى ١٠٠٪ كفاءة تشغيل ولكن — عمليًا — فإن كفاءة التبريد القصوى تكون — عادة — فى حدود ٨٥٪ من تلك الممكنة

يجب أن تشغل الوسائد قطاعا مستمرا من كامل جانب البيت المحمى المواجه لمروحة سحب الهواء. ذلك لأن عدم استمرارها فى أى مساحة من الجانب — بسبب وجود باب على سبيل المثال يمكن أن يتسبب فى تكوين "بقعة حارة" hot spot قد يبلغ قطرها ثمانية أضعاف عرض المساحة التى لا تشغلها الوسادة

ولابد من توفير أغطية متحركة shutters لغلق الوسائد عندما تكون هناك حاجة للتدفئة بدلاً من التبريد

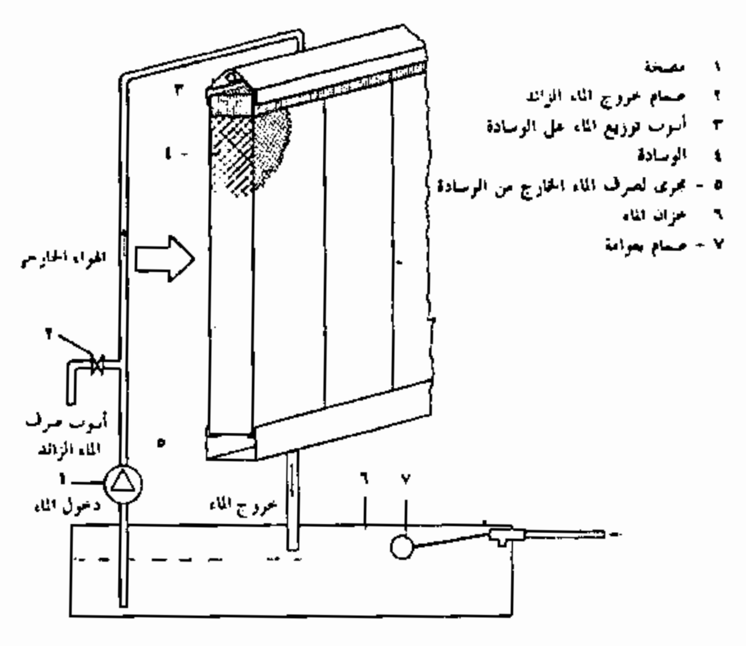
ويراعى أن تكون الصوبة محكمة الإغلاق وجميع الأبواب والفتحات مغلقة أثناء تشغيل مراوح السحب لأن الهواء يتحرك من خلال المسارات التى يجد فيها أقل مقاومة.

كما يراعى تزويد الوسائد بشبك سلكى لمنع دخول الحشرات.

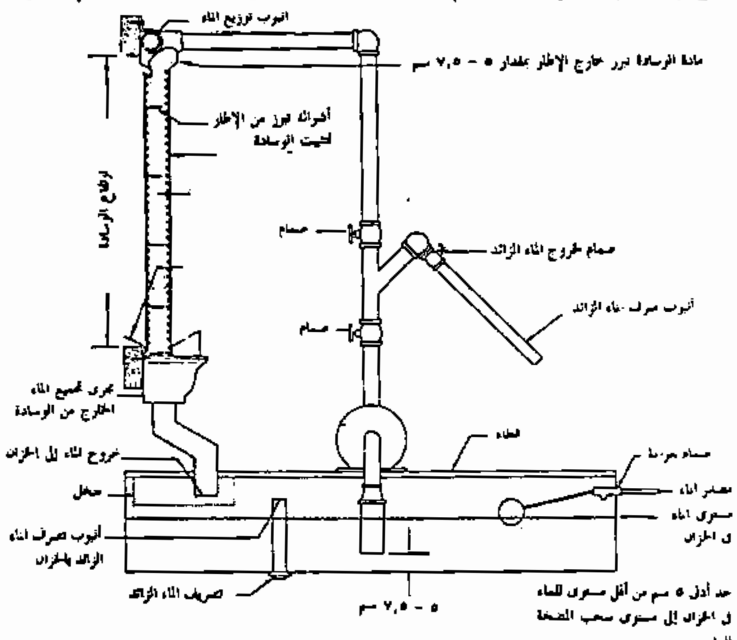
هذا ويوضح شكل (٣–٨) التركيب العام للوسادة، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد أما شكل (٣–٩). فيبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها

يصل الماء إلى الوسادة من خلال أنبوبة (بلاستيكية غالبًا) تثبت أفقيًا أعلى الوسادة وبامتداد طولها. تكون هذه الأنبوبة مسدودة من طرفيها، وتوجد بأسفلها ثقوب كل نحو ١٠ سم، وتتصل من منتصفها بمصدر الماء. ولا يجوز أن يصل إليها الماء من أى موقع آخر، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ مترًا.

وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة وربما لا توجد مثل هذه المصفاة، لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة فى هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام. وتثبت الوسادة أسفل المصفاة فى وضع رأسى. ونظرًا لأن الوسادة تتمدد بالبلل وتنكمش بالجفاف، فإنها توضع داخل شبكة سلكية



شكل (٣–٨): التركيب العام للوسادة، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد.



شكل (٣–٩): التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

ويوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقى الماء الزائد الذى ينتقل بعد ذلك إلى خزان للماء يوجد أسفل المجرى. وهو الذى يضخ منه الماء إلى أعلى الوسادة ويغطى السطح العلوى لهذا المجرى، حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب

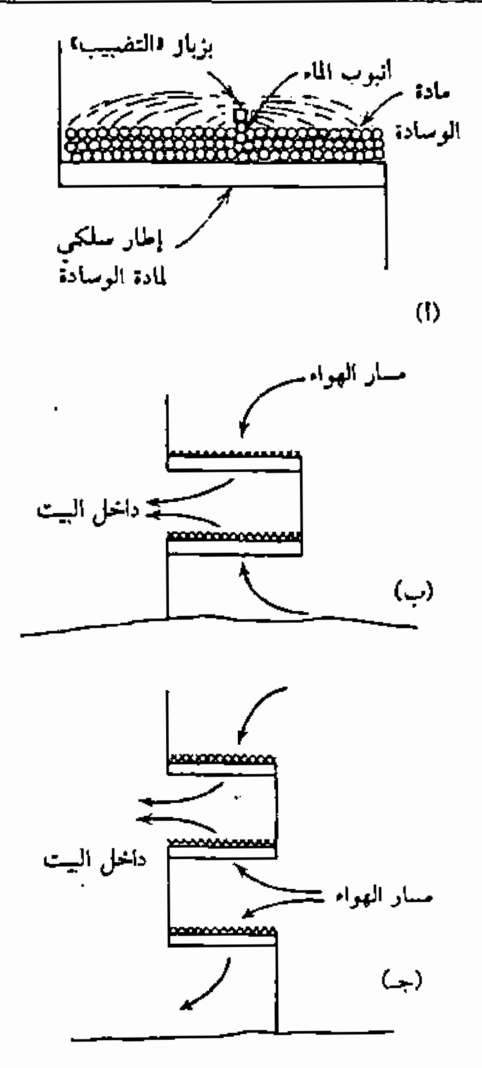
ويعوض الماء الذى ينقص من الخزان باستمرار بمعدل يوازى كمية الماء المتبخرة، وهى التى قد تصل إلى ٠٫٠٤١ لترًا فى الدقيقة لكل متر مربع من الوسادة فى يوم حار جاف. ويتم تزويد الخزان بالماء من فتحة يتحكم فيها صمام "بعوامة". هذا .. ومن المفضل تزويد النظام بمرشح للماء يوضع قبل المضخة، ويمكن تنظيفه بإعادة مرور الماء من خلاله فى الاتجاه العكسى flushable filter

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد، مثل الفيرميكيوليت أو قُشارة "بُرْوة" الخشب على شبكة سلكية، لتعمل كمسطح للتبخر مع السماح بمرور الهواء من خلالها ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة "التضبيب" (شكل ٣-١٠أ). كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التى تثبت بعضها فوق بعض على جانب البيت من الخارج (شكل ٣-١٠ب، جـ)

المروحة Fan

يجب أن تثبت المروحة فى جانب البيت الذى لا يواجه الرياح، فى حين تكون الوسادة فى الجانب المواجه للرياح؛ حتى تكون الرياح مساعدة لعمل المروحة، وليست معاكسة لها وإذا تعذر ذلك، فلابد من زيادة كفاءة المروحة بمقدار ١٠٪

أما إذا وجد عدد من البيوت المتجاورة، فإن اتجاه الرياح لا يكون عاملاً مهمًا إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتى البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة، لأن ذلك يؤدى إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل فى البيوت المجاورة. ويحسن فى هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتى البيوت متقابلة، لكن هذه المشكلة تقل تدريجيًا بزيادة المسافة بين مجموعتى البيوت، حتى تنعدم تمامًا عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ مترا أو أكثر



شكل (٣-١٠): الوسائد الأفقية: (أ) وسادة من مواد ذات سطح ماص وكبير؛ مثل الفيرميكيوليت أو بروة الخشب، (ب) طبقتان من الوسائد العادية بوضع أفقي، (جـ) ثلاث طبقات من الوسائد العادية بوضع أفقي (عن Mastalerz ١٩٧٧).

وفي حالة استعمال أكثر من مروحتين في البيت الواحد يفضل أن يكون لبعضها سرعتا تشغيل، ليمكن تحقيق أكبر قدر من التحكم في معدل سحب الهواء من البيت؛ سواء أكان ذلك عند التبريد، أم التهوية.

وإذا كانت مراوح بيتين متجاورين تدفعا الهواء فى حيز مشترك بين البيتين، فإنهما يجب أن يُفصلا عن بعضهما بساتر حتى نتجنب إطلاق الهواء من إحدى المراوح — مباشرة — باتجاه الأخرى

يجب ألا تزيد المسافة بين المروحة والوسادة — أبدًا عن ٦٠ مترًا، ويفضل ألاّ تزيد عن ٤٥ مترا ويلزم — عادة — توفر الوسائد بعرض ٣٠ سم لكل ٦ أمتار من المسافة بين المروحة والوسادة

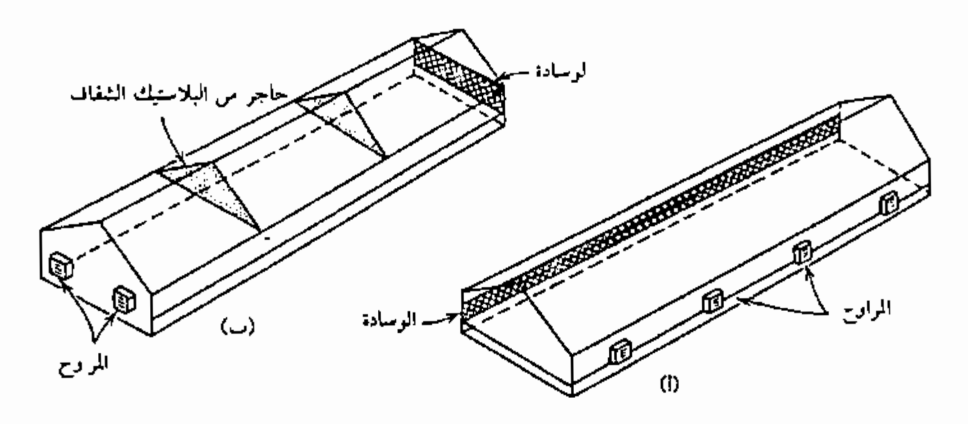
ويكون من المفيد فى البيوت الطويلة جدًّا وضع الوسائد على جانبى البيت البعيدين. مع وضع مراوح السحب فى منتصف الجانبين الطويلين (Bucklin وآخرون ٢٠٠٤).

مسار الهواء المبرد

يفضل أن يكون مسار الهواء المبرد باتجاه عرض البيت، وموازيًا لخطوط الزراعة، وفى مستوى النمو النباتى. ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد فى مستوى النباتات أو أعلى قليلا (شكل ٣-١١)؛ حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات، لكن نظرًا لأن تيار الهواء يجد مقاومة من النباتات، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه إلى أعلى بزاوية ٧ درجات (أى بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركًا جيوبًا غير مبردة فى مستوى النمو النباتى

ويمكن تصحيح ذلك بوضع بتثبيت شرائح من البوليثيلين الشفف تتدلى من قمة البيت عمودية على مسار الهواء، حتى تجبره على أن يسلك مسارا سفليًّا بين النباتات تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار ويجب أن يكون طرفها المتدلى بعيدًا بعدا كافيًا عن قمة النباتات، حتى لا تعوق حركة الهواء (شكلا ٣-١١ب، ٣-١٢ هـ)

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبة من سطح التربة، وكانت النباتات مرباة على مناضد؛ لأن الهواء المبرد يتسرب فى هذه الحالة من تحت المناضد، دون المرور على النباتات (شكل ٣-١٢ د) ويمكن التغلب على المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكية تحت المناضد مقابل الوسائد (شكل ٣-١٢ هـ).



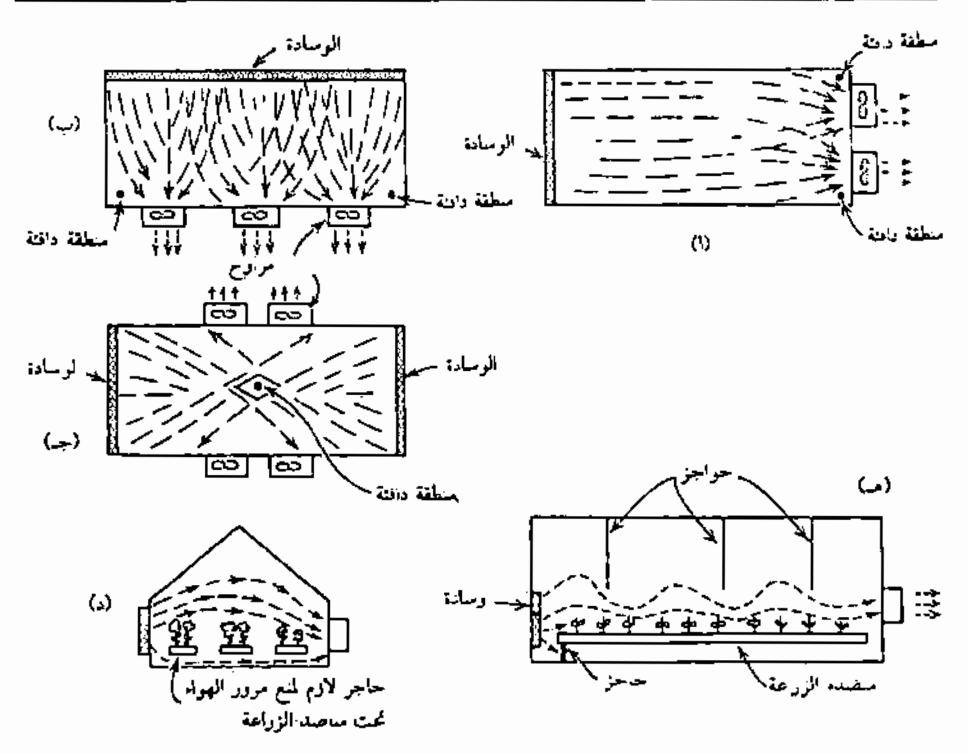
شكل (٣-١١): وضع المراوح والوسائد فى البيوت المحمية. (أ) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت، (ب) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت، مع تثبيت حواجز من البلاستيك الشفاف تتدلى كل عشرة أمتار من قمة البيت لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار سفلى بين النباتات

هذا .. ويبين شكل (٣-١٥أ، ب، جـ) مسارات الهواء فى حالات الأوضاع المختلفة للوسائد والمراوح والأماكن التى تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعًا من بقية أجزاء البيت بسبب عدم وجودها فى مسار التحركات الهوائية. يلاحظ بالشكل أن درجة الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا فى أركان البيت بالجانب الذى توجد فيه المراوح. كذلك يلاحظ فى حالة البيوت الكبيرة التى توضع فيها الوسائد فى الجانبين القصيرين والمراوح فى الجانبين الطوليين أن مركز البيت تكون حرارته أعلى من باقى أرجاء البيت، وذلك بسبب عدم وجوده فى مسار التيارات الهوائية (Mastalarez ١٩٧٧).

العوامل المؤثرة فى كفاءة التبريد

تتأثر كفاءة التبريد فى نظام المروحة والوسادة بالعوامل التالية:

١- مدى إحكام إغلاق البيت المحمى (الأبواب وفتحات التهوية) ومدى خلو غطاءه من أى تمزقات، ذلك لأن الهواء يسلك فى حركته أقل المسارات مقاومة. بينما تعتمد كفاءة التبريد على مرور كل الهواء الداخل للصوبة على وسائد التبريد.



شكل (٣-١٢) مسارات الهواء داخل البيوت المبردة في حالات الأوضاع المختلفة للمراوح والوسائد (أ) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت (ب) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت (جـ) الوسائد على امتداد الجانبين القصيرين، والمراوح في الجانبين الطويلين للبيت. (د، هـ) عوائق أعلى النباتات وتحت مناضد الزراعة لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار بين النباتات (Mastalerz ١٩٧٧)

٢- مكان البيت المحمي واتجاهه وموقعه بالنسبة للإنشاءات القريبة منه:

تؤثر كل هذه العوامل على كفاءة التبريد من خلال تأثيرها على شدة تعرض البيت لأشعة الشمس، والرياح الصيفية السائدة، وظل الإنشاءات المجاورة له، كما أن لتلك العوامل تأثيرها على ترتيبات ومواقع مراوح السحب ووسائد التبريد

٣- نوع وسائد التبريد

إن أكثر أنواع وسائد التبريد شيوعا تصنع من السيليلوز المتموج والمجعد المشبع بمواد

رطبة وأملاح غير ذائبة للمساعدة فى مقاومة الأعفان، وهى غالية الثمن ولكنها عالية الكفاءة، ومع الصيانة الجيدة فإنها يمكن أن تعيش لعشر سنوات.

وفى الماضى كان يُستخدم نوع من الوسائد الرخيصة الثمن يسمى: aspen pads. هذه الوسائد كانت قصيرة العمر وتتحلل سريعًا بفعل نمو الطحالب عليها؛ مما يجعلها تندمج وتقل كفاءتها فى التبريد.

وكذلك تتوفر وسائد تُصنع من الألومنيوم ومن ألياف البلاستيك. ولكنها أكثر تكلفة، ولا تضيف مزايا جديدة على وسائد ألياف السيليلوز.

٤- مساحة وسائد التبريد:

تتوقف المساحة التى يلزم توفرها من وسائد التبريد على عدة عوامل، منها نوع الوسائد ذاتها. يجب أن تكون الوسائد مستمرة بامتداد جانب البيت. وعند $^{1}/_{8}$ بوصة ماء ضغط استاتيكى داخل الصوبة فإنه يجب توفر قدم مربع من الوسائد لكل ١٤٠ قدم مكعب من الهواء المسحوب فى الدقيقة فى حالة الوسائد الأسبين aspen pads، تزيد إلى ٢٣٠ قدم مكعب فى حالة وسائد السيليلوز؛ بما يعنى أن المساحة التى تلزم من وسائد ألياف السيليلوز تكون أقل من تلك التى تلزم من الوسائد الأسبين.

٥- معدل سحب الهواء الخارجى الدافئ.

٦- المشاكل التى تتعرض لها وسائد التبريد:

تتعرض الوسائد لمشكلتين رئيسيتين؛ هما: تراكم الأملاح بها، ونمو الطحالب عليها. وتعالج مشكلة الأملاح إما بزيادة معدل مرور الماء من خلال الوسائد — كثيرًا — عن معدل تبخره. وإما بتنظيم عمل مضخة الماء؛ بحيث تستمر فى ضخ الماء عليها لفترة وجيزة بعد توقف المروحة عن العمل؛ الأمر الذى يعمل على غسيل الأملاح التى ربما تكون قد تراكمت عليها.

أما الطحالب فهى قد تنمو على الوسائد السيليلوزية بعد فترة تتراوح بين سنتين وثلاث سنوات من الاستعمال، وهى لا تتلف الوسائد. ولكنها قد تسدّ منافذ الماء فيها؛ الأمر الذى

يقلل من كفاءتها في التبريد. وتعالج هذه المشكلة بحقن محلول هيبوكلوريت الصوديوم (محلول تبييض الغسيل التجاري) بتركيز ١٪ في مصدر مياه الوسادة، وهو ما يكفي لجعل تركيز الكلورين في الماء المستعمل بين ٣ و ٥ أجزاء في المليون ويكفي نحو ١١٤ لترًا من محلول هيبوكلوريت الصوديوم شهريًا لجعل ٣٠ مترًا من الوسائد التي بسمك ١٥ سم خالية من النمو الطحلبي.

ومن أهم عيوب استعمال هيبوكلوريت الصوديوم أنه يرفع رقم حموضة (pH) الماء، الأمر الذي يؤدي إلى ليونة الوسادة إذا ارتفع الـ pH عن ٩ . (كما يجب ألا ينخفض الرقم عن ٦ .)

ومن بدائل حقن هيبوكلوريت الصوديوم في مياه الوسائد رشه على الوسائد على فترات. وحقن فوق أكسيد الأيدروجين Hydrogen Peroxide لتجنب ارتفاع الـ pH، واستعمال تحضيرات تجارية خاصة تقتل النموات الفطرية، والبكتيرية، والطحلبية (Biocides) في الوسائد، مثل التحضير التجاري Oakite الذي يضاف إلى خزان مياه الوسائد مرة أو مرتين أسبوعيًا

٧- الرطوبة النسبية وحرارة الترمومتر المبتل:

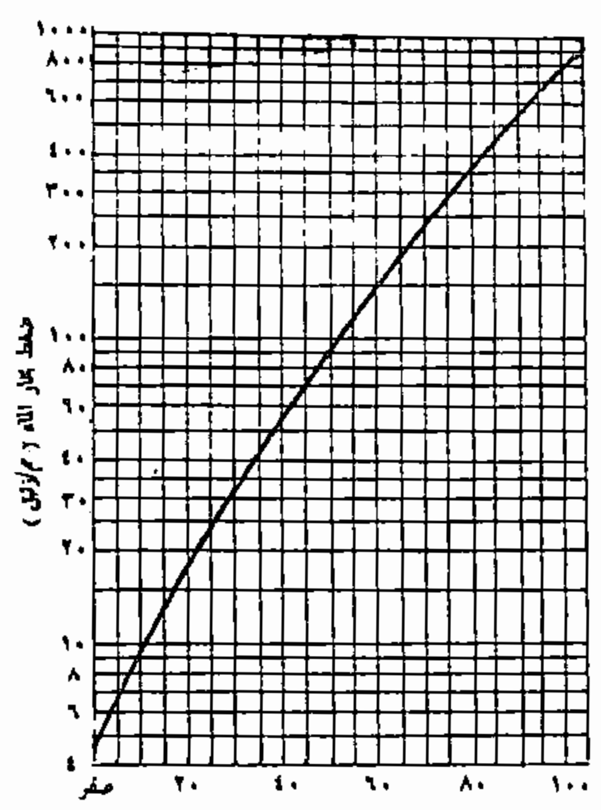
إن حرارة الترمومتر المبتل هي أقل حرارة يمكن الوصول إليها عن طريق تبخير الماء فقط.

يتطلب تبخر كل جالون من الماء عند الوسادة ٨١٠٠ وحدة حرارية بريطانية يحصل عليها الماء من الهواء المار من الوسادة والملامس للماء ويكون الهواء الداخل إلى الصوبة — بعد مروره على الوسادة المبتلة - في أقل حرارة له بعد تركه للوسادة مباشرة، ولكنه يكتسب حرارة مع مروره على الأجسام الدافئة في الصوبة ويترتب على ذلك وجود تدرج حرارة في الصوبة من أقل ما يمكن عند الوسادة إلى أعلى ما يمكن عند مروحة السحب.

ونظرًا لأنه لا يمكن التحكم في الرطوبة النسبية للهواء الخارجي، فإن هذا العامل لا يؤخذ في الحسبان عند حساب احتياجات التبريد، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة

تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالى ٨٠٪ من الفرق بين قراءتى الترمومترين الجاف والمبتل خارج البيت. وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين، أى كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء، أى كلما انخفضت الرطوبة النسبية. وتصبح فعالية هذه الطريقة فى التبريد معدومة تقريبًا عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالى ٨٠٪.

هذا .. وتزداد قدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٣-١٣).



شكل (٣-١٣) العلاقة بين درجة حرارة الهواء وقدرته على حمل الرطوبة.

ومع زيادة قدرة الهواء على حمل الرطوبة — عند ارتفاع درجة حرارته — فإن رطوبته النسبية تنخفض تلقائيًا (بفرض عدم زيادة محتواه الرطوبى)؛ وبذا .. تزداد

كفاءة عملية التبريد بنظام المروحة والوسادة وتتضح هذه العلاقة فى جدول (٣–٨)، وشكل (٣–١٤)

جدول (٣–٨) كفاءة التبريد بنظام المروحة والوسادة (على أساس أن التبريد يكون فى حدود ٨٠٪ من الفرق بين درجة حرارة الترمومترين الجاف والمبتل) عند اختلاف الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى من ٥٪ إلى ٢٠٪ وحرارة الهواء الداخل إلى الصوبة من ٣٠–٤٥ ْم (عن كتالوج شركة Munters).

الظروف الخارجية		الظروف داخل الصوبة بعد مرور الهواء من وسادة التبريد	
الرطوبة النسبية (٪)	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (٪)	الحرارة (م)
٥	٤٥	٦٢	٢٤
٥	٤٠	٦٣	٢١
٥	٣٥	٦٥	١٩
٥	٣٠	٦٦	١٦
١٠	٤٥	٦٦	٢٦
١٠	٤٠	٦٧	٢٣
١٠	٣٥	٦٩	٢٠
١٠	٣٠	٧٠	١٧
٢٠	٤٥	٧٣	٢٩
٢٠	٤٠	٧٣	٢٦
٢٠	٣٥	٧٤	٢٢
٢٠	٣٠	٧٤	١٩

معادلة حساب حرارة الهواء الخارج من وسادة التبريد

يمكن حساب حرارة الهواء الخارج من وسادة التبريد بالمعادلة التالية

$$T_{cool} = T_{out} - (\% \text{ efficiency})(T_{out} - T_{wb})$$

حيث إن:

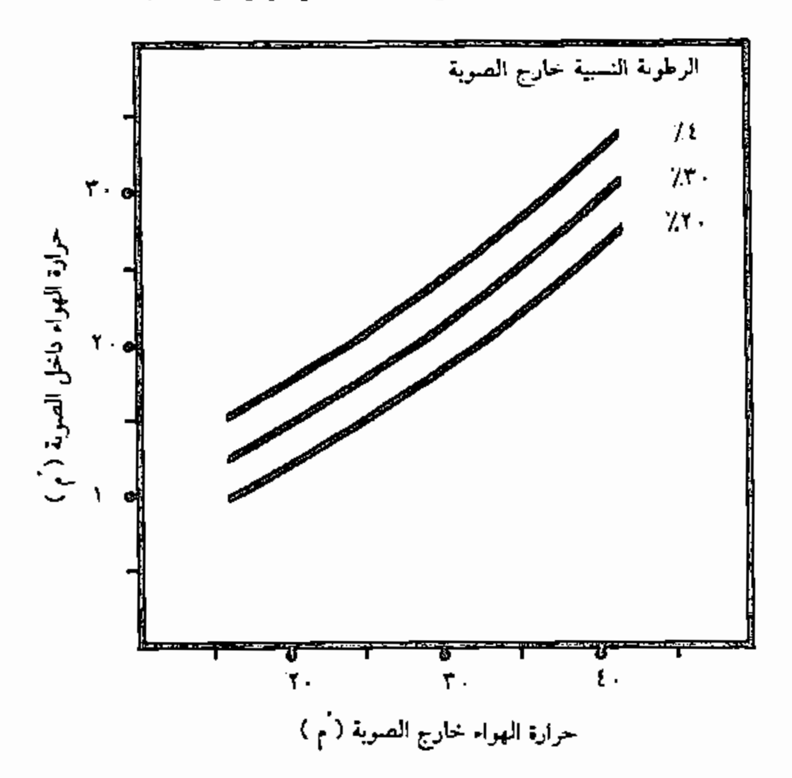
T_{cool} = حرارة الهواء الخارج من وسادة التبريد.

T_{out} = حرارة الهواء الخارجي.

% efficiency = كفاءة نظام التبريد.

T_{wb} = حرارة الترمومتر المبتل للهواء الخارجي.

هذا . علما بأن نظام التبريد الجيد التصميم والتنفيذ والمعتنى به يمكن أن تصل كفاءته في التبريد إلى ٨٥٪، بمعنى أن الهواء الداخل إلى الصوبة تكون هي حرارة الهواء الخارجي (حرارة الترمومتر الجاف) مطروحًا منها ٨٥٪ من الانخفاض الحادث ف حرارة الترمومتر المبتل (أي ٨٥٪ من الفرق بين حرارة الترمومتر الجاف والترمومتر المبتل).



شكل (٣-١٤): العلاقة بين درجة حرارة خارج البيت وداخله عند اختلاف نسبة الرطوبة في الهواء الخارجي من ٢٠٪ إلى ٤٠٪ (عن كتالوج شركة **Sita**).

العوامل التى تؤخذ فى الحسبان لتصحيح احتياجات التبريد

إن أهم العوامل التى يتم تصحيح احتياجات التبريد على أساسها، ما يلى:

١- منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر).

من الضرورى زيادة معدل سحب الهواء من البيت عند ارتفاع منسوبه عن ٢٠٠ متر عن سطح البحر؛ لأن مقدرة الهواء على التبريد تعتمد على وزنه وليس على حجمه، علمًا بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر. ولهذا . يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز إليه بالرمز (F_{elev})، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (جدول ٣-٩).

جدول (٣-٩) معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (F_{elev})

	الارتفاع عن سطح البحر (متر)								
	أقل من ٣٠٠	٣٠٠	٦٠٠	٩٠٠	١٢٠٠	١٥٠٠	١٨٠٠	٢١٠٠	٢٤٠٠
F_{elev}	١,٠٠	١,٠٤	١,٠٨	١,١٢	١,١٦	١,٢٠	١,٢٥	١,٣٠	١,٣٦

٢- المسافة من الوسائد إلى المراوح

يجب أن تكون الوسائد والمراوح متقابلة. ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض على أبعاد البيت، لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب أن تكون فى حدود ٣٠-٦٠ مترا. فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة. وإذا نقصت المسافة عن ٣٠م لا ينتشر الهواء المبرد فى كل أرجاء البيت، بل يميل فى حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة. وتلزم فى هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع. ويستخدم لذلك معامل خاص للتصحيح يرمز إليه بالرمز (F_{v})، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (جدول ٣-١٠).

٣- شدة الإضاءة داخل البيت

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح ثالث خاص بشدة الإضاءة داخل البيت عند اختلافها عن ٥٠٠ قدم — شمعة (٥٣,٨ klux) يرمز له بالرمز (F_{light})، ويحصل عليه من جدول

(٣–١١)، ويرجع ذلك إلى زيادة الطاقة الحرارية المتحصل عليها من الشمس مع زيادة شدة الإضاءة

جدول (٣–١٠) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel}).

المسافة (م)	معامل التصحيح	المسافة (م)	معامل التصحيح	المسافة (م)	معامل التصحيح
٦,٠	٢,٢٤	١٥,٠	١,٤١	٢٤,٠	١,١٢
٧,٥	٢,٠٠	١٦,٥	١,٣٥	٢٥,٥	١,٠٨
٩,٠	١,٨٣	١٨,٠	١,٢٩	٢٧,٠	١,٠٥
١٠,٥	١,٦٩	١٩,٥	١,٢٤	٢٨,٥	١,٠٢
١٢,٠	١,٥٨	٢١,٠	١,٢٠	٣٠,٠	١,٠٠
١٣,٥	١,٤٨	٢٢,٥	١,١٦		

٤- الفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة:

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح رابع للفرق الذى يُسمح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة، لأن المعدل القياسي لسحب الهواء – وهو ٢,٥م^{3}/دقيقة/م^{2} من مساحة البيت – يأخذ في الحسبان فرقًا قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهيتية) بين درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت بعد مروره على الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من البيت عند المروحة. ويمكن تصحيح ذلك باستخدام معامل خاص يرمز إليه بالرمز (F_{temp}). ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة،ويحصل عليه من جدول (٣–١٢).

وكقاعدة عامة .. عندما لا يزيد ارتفاع منسوب البيت على ١٠٠٠ قدم (٣٠٠ متر) عن سطح الأرض. وعندما لا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠٠ قدم – شمعة (٥٣,٨ klux). فإن معدل سحب الهواء من البيت يجب أن يكون في حدود ٨ أقدام مكعبة في الدقيقة لكل قدم مربعة من مساحة البيت (٢.٥م^{3} في الدقيقة لكل متر مربع من مساحة

البيت)، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجات فهرنهيتية (حوالى أربع درجات مئوية) بين المروحة والوسادة، وأن المسافة بين المراوح والوسائد تزيد على ١٠٠ قدم (حوالى ٣٠ مترًا)

فإذا أخل بأى من هذه الشروط والفروض لزم استعمال المعامل الخاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٢,٥م³/دقيقة/م² من مساحة البيت

جدول (٣-١١) معامل التصحيح الخاص بشدة الإضاءة داخل الصوبة (F_{light})

	شدة الإضاءة								
قدم-شمعة	٤٠٠٠	٤٥٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠	٧٥٠٠	٨٠٠٠
كيلو لكس klux	٤٣,١	٤٨.٤	٥٣,٨	٥٩,٢	٦٤,٦	٧٠,٠	٧٥,٣	٨٠,١	٨٦,١
F_{light}	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	١,١٠	١,٢٠	١,٣٠	١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠

جدول (٣-١٢) معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة داخل البيت بين المروحة والوسادة (F_{temp})

	الفرق المسموح به فى درجة الحرارة (°م)						
	٥,٦	٥,٠	٤,٤	٣,٩	٣,٣	٢,٨	٢,٢
F_{temp}	٠,٧٠	٠,٧٨	٠,٨٨	١,٠٠	١,١٧	١,٤٠	١,٧٥

حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد ومياه التبريد

تمر حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد بالخطوات التالية

١- يحسب أولا المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية السابقة الذكر. ويقدر ذلك بالمعاملة التالية

معدل سحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية بالمتر المكعب فى الدقيقة = طول البيت بالمتر × عرض البيت بالمتر × ٢,٥

٢- يلي ذلك تصحيح المعدل ليتناسب مع الظروف الخاصة بالبيت؛ وذلك بضرب المعدل المحسوب من الخطوة السبقة في معامل التصحيح الأكبر من أحد العاملين التاليين:

أ- معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel}) (جدول ٣-١٠).

ب- معامل التصحيح للبيت (F_{house}) علمًا بأن:

$F_{house} = F_{elev}$ (جدول ٣-٩) × F_{light} (جدول ٣-١١) × F_{temp} (جدول ٣-١٢).

ويجب أن يكون المعدل المحسوب كافيًا لتغيير هواء البيت كله بمعدل ١,٥-٢,٠ مرة في الدقيقة

ويعتبر جدول (٣-١٣) مرشدًا للاستدلال به على صحة حسابات معدل سحب الهواء من الصوبة

جدول (٣-١٣): معدلات سحب الهواء من الصوبة عند اختلاف مستوى التظليل داخل الصوبة.

مستوى التظليل	الإشعاع الشمسي [أ] (وات W/م٢)	معدل سحب الهواء (م٣ / م٢ من مساحة البيت/ساعة)
١٠	٨١٠	٢٥٤
٢٠	٧٢٠	٢٢٥
٣٠	٦٣٠	١٨٩
٤٠	٥٤٠	١٦٩

(أ) أجريت الحسابات على أساس أن شدة الإشعاع الشمسي خارج البيت ٩٠٠ وات W/م٢.

٣- يتم بعد ذلك اختيار المراوح بالعدد والقدر المناسبين. وتثبت المراوح في جدار البيت المقابل للوسائد، بحيث لا تزيد المسافة بين كل مروحتين على ٧,٥م، وأن يكون توزيعها متجانسًا على امتداد البيت، وعلى ارتفاع واحد من سطح الأرض، على أن يكون مركزها في مستوى منتصف النمو النباتي للنباتات المرباة رأسيًا.

٤ - يراعى ألا تزيد سرعة الهواء الذى يمر من خلال الوسائد على ١,٥ متر/ثانية، نظرا لأن السرعات الأعلى من ذلك يصاحبها تفريغ كبير داخل البيت، مما يؤثر على كفاءة المراوح

٥- تحسب مساحة الوسائد اللازمة على أساس أن كل ٤٥م[٣] من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة يلزمه متر مربع من الوسائد الحديثة بسمك ١٠ سم (يزداد هذا المعدل بمقدار الثلثين عند استعمال وسائد القش وقُشارة الخشب ... إلخ). ونظرًا لأن الوسائد يجب أن تمتد بكامل جدار البيت، لذا فإن عرضها يتوقف على المساحة اللازمة منها، كما يمكن التحكم فى العرض باختيار السمك المناسب.

٦- تزود الوسائد بالماء بمعدلات تزيد على القدر المتبخر منها، حتى لا تتراكم بها الأملاح والمعدل المناسب هو ٠.٦ جالونًا فى الدقيقة لكل قدم طولية من الوسادة التى تكون بسمك ١٠ سم (أو حوالى ٧.٤ لترًا/دقيقة/متر طولى). بغض النظر عن عرضها (ارتفاعها) ويعنى ذلك أنه لو كان طول الوسادة ١٥م. فإنه يلزم ضخ الماء بمعدل ١١١ لترًا فى الدقيقة

ويجب أن يتسع الخزان لـ ٢٠ لترا من الماء لكل متر طولى من الوسادة، حتى يمكنه استيعاب كل الماء الذى يمر فى الوسادة عند توقف التبريد

كما يجب توفير مصدر دائم للماء، نظرًا لتبخر جزء منه فى عمليات التبريد. ويتحقق ذلك بإيصال خزان الماء بأنبوبة ماء ذات صمام مزود بعوامة، علمًا بأنه يمكن أن يتبخر ٤١.٠ لترا من الماء في الدقيقة لكل متر مربع من الوسادة في يوم حار جاف.

مثال:

يُراد إجراء الحسابات اللازمة لتصميم عملية تبريد صوبة تبلغ أبعادها ١٥م × ٣٠م بنظام المروحة والوسادة. علمًا بأن الصوبة تقع على ارتفاع ٩٠٠م من سطح البحر، وأنها مزودة بستائر تظليل تجعل شدة الإضاءة بداخلها ٥٠٠٠ قدم — شمعة (٥٣,٨ klux)، وأنه يسمح بفرق قدره ٤ درجات مئوية فى الحرارة بين الوسادة والمروحة، وأن الوسائد السيليلورية التى يُراد استعمالها يبلغ سمكها ١٠ سنتيمترات

تكون الحسابات حسب التسلسل التالي:

١- المعدل اللازم لسحب الهواء من الصوبة.

= عرض الصوبة × طول الصوبة × ٢,٥

= ١٥ × ٣٠ × ٢,٥ = ١١٢٥م³/دقيقة

٢- يُحسب معامل التصحيح للصوبة F_{house} كما يلي:

$F_{temp} \times F_{light} \times F_{elev} = F_{house}$

وبالاعتماد على البيانات المتوفرة لدينا عن الصوبة، وجداول (٣-٩، و ٣-١١، و ٣-١٢). نجد أن:

١,١٢ = ١ × ١,٠ × ١,١٢ = F_{house}

٣- يراجع معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة F_{vel} (جدول ٣-١٠)، ويتم اختيار جدارين متقابلين تبلغ المسافة بينهما أقرب ما تكون إلى المدى المسموح به وهو ٣٠-٦٠ مترًا، وبذا يختار الضلعان الواقعان فى نهايتى الصوبة. والتى تبلغ المسافة بينهما ٣٠ مترًا.

ويعنى ذلك أن F_{vel} = ١,٠

٤- يُضرب معدل سحب الهواء المتحصل عليه من الخطوة الأولى (١١٢٥م³/دقيقة) فى أى من معاملى التصحيح: F_{house}، أو F_{vel} — أيهما أكبر — (الأكبر هو F_{house} فى هذا المثال)، وبذا يكون المعدل اللازم لسحب الهواء من الصوبة = ١١٢٥ × ١,١٢ = ١٢٦٠م³/دقيقة.

٥- يُحسب عدد المراوح اللازمة للصوبة على ألا يزيد المسافة بينها (بين مراكزها) على ٧,٥م، وبذا يكون العدد اللازم من المراوح ١٥ ÷ ٧,٥ = ٢ مروحة.

٦- تحسب قوة سحب الهواء التى تجب أن تعمل بها المروحة الواحدة، وهى ١٢٦٠ ÷ ٢ = ٦٣٠م³/دقيقة.

ويتم تركيب المروحتين فى أحد الجانبين القصيرين للصوبة، على مسافات متساوية من الجانبين وبينهما.

٧- تحسب مساحة الوسائد اللازمة. علمًا بأنه يلزم متر مربع من الوسائد لكل ٧٥م٣ من الهواء الذى يلزم سحبه من خلالها فى كل دقيقة، وهو ما يعنى أنه يلزم
١٢٦٠م٣/ دقيقة ÷ ٧٥م٣/ دقيقة = ١٦٫٨م٢ من الوسائد للصوبة

٨- يجب تثبيت الوسائد – بالمساحة التى تلزم منها – على امتداد جانب الصوبة المخصص لها؛ أى بامتداد ١٥ مترًا فى هذا الشأن، وهو ما يعنى أنها يجب أن تكون بارتفاع
١٦٫٨م٢ ÷ ١٥م = ١٫١ مترًا

٩- يتم بعد ذلك تحديد قدرة الموتور اللازمة لضخ الماء على الوسادة، بحيث يكون الضخ بمعدل ٧٫٤ لترًا فى الدقيقة لكل متر طولى من الوسادة، أى
٧٫٤ لترا/ دقيقة × ١٥م = ١١١ لترا / دقيقة

١٠- يحدد بعد ذلك الحجم اللازم لخزان مياه الوسادة، بحيث يتسع لنحو ١٨٫٦ لترا لكل متر طولى من الوسادة، أى
١٨٫٦ لتر × ١٥ م = ٢٧٩ لترًا (عن Nelson ١٩٨٥).

نظم التظليل للحد من ارتفاع درجة الحرارة

بينما تعد التهوية كافية لتبريد البيوت المحمية فى أول النهار وآخرة، وخاصة فى الشهور المعتدلة الحرارة، وبينما يكون التبريد بنظام المروحة والوسادة كافيين فى الأوقات التى ترتفع فيها درجة الحرارة حتى حدود معينة، فإن ذلك وحده لا يكون كافيًا فى الشهور التى تشتد فيها درجة الحرارة كثيرا، والتى لا يكفى فيها نظام التبريد بالمروحة والوسادة للتغلب على الحرارة الزائدة التى تتولد داخل الصوبة جراء الأشعة الشمسية، فى تلك الحالات يلزم توفير نظام للتظليل.

ويتوفر للتظليل وسيلتين، هما:

١- الطلاء:

يستعمل لذلك طلاء أبيض من السطح الخارجى للغطاء البلاستيكى للصوبة. وبينما يشيع استخدام الجير والسبيداج لهذا الغرض صيفًا، فإنه يتوفر – كذلك – منتجات

تؤدى نفس الغرض ولا تؤثر على البلاستيك مثل فلترا سول Feltra-Sol، وهو يتوفر محليًا.

كما تتوفر منتجات تجارية (مثل Varishade) تُعامل بها أغطية البيوت المحمية (سواء اكانت من الزجاج أو البلاستيك الجامد أو اللين) فتصبح نصف معتمة وتعكس جزءًا من الأشعة الضوئية فى الأيام الحارة المشمسة، أما فى الجو الملبد بالغيوم فإن أغطية البيوت المحمية المعاملة تُصبح صافية وتسمح بنفاذ أكبر قدر من الأشعة الشمسية. وتتكرر هذه الدورة بين العتامة والشفافية على الدوام. يتوفر هذا المنتج على صورة سائل مركز يتعين تخفيفه بالماء بنسبة ١ : ٢ أو ١ : ٣ حسب شدة العتامة المطلوبة. ويمكن المعاملة بالمنتج باستعمال فرشاة أو بكرة أو رشًا. ويتعين أن تكون الأسطح المراد معاملتها نظيفة تمامًا وجافة قبل المعاملة، كما يجب جفاف الأسطح بعد المعاملة ليثبت المنتج مكانه، لكن لا يضيره ابتلاله بعد ذلك.

٢- شباك أو أقمشة التظليل (أو السيران):

تُصنع أنسجة التظليل shade cloth (أو السيران) من خيوط البوليثيلين المشبكة knitted أو البوليستر المنسوج woven، أو من البولى بروبلين، وهى منفذة للماء. تستخدم أنسجة التظليل لخفض كل من: شدة الإضاءة، والحرارة والتعرض للرياح وقد تستعمل أنسجة التظليل منفردة أو مع الغطاء البلاستيكى.

تتوفر أنسجة التظليل باللونين الأبيض والأسود وبعدة درجات من الأخضر والبنى. وقد تكون الأنسجة البيضاء أكثر فاعلية فى خفض درجة الحرارة باعتبار أنها تعكس ضوءًا أكثر مما تعكسه أى من الألوان الأخرى.

وتتوفر أنسجة للتظليل بنسب تتراوح بين ٢٠٪، و ٩٠٪، ويتوقف الاختيار المناسب لأى منها بمدى الحاجة للتظليل، ومدى الارتفاع فى درجة الحرارة. وأغلب الظن لا تزيد الحاجه للتظليل لأجل الإنتاج التجارى للخضر عن ٦٠٪ فى أشد شهور الصيف حرارة.

تستعمل شباك أو أقمشة التظليل إما فوق الغطاء البلاستيكى، وإما فوق هيكل البيت المحمى. وذلك عند عدم الرغبة فى استعمال الغطاء البلاستيكى فى الشهور الحارة، وخاصة عند عدم توفر نظام للتبريد. كما قد يستعمل قماش التظليل داخل الصوبة — أعلى

مستوى النباتات — على تعريشه trellis وقد يحتاج الأمر إلى شباك أو قماش التظليل الخارجى مع القماش الداخلى ومن أهم عيوب استعمال قماش التظليل الداخلى فقط أن الهواء الساخن الذى يتجمع أعلى منه تسحبه مراوح إلى أسفل عند تشغيل التبريد بالمروحة والوسادة ومن عيوب الاعتماد على الطلاء أو شباك أو قماش التظليل الخارجى فقط أن التظليل يجب أن يكون بدرجة عالية لكى يكون فعالا، مما قد يترتب عليه ضعف شدة الإضاءة داخل الصوبة عما يلزم للنمو الجيد

ومن أساليب التظليل المناسبة تركيب غطاء من البولى بروبلين يعطى ٣٠٪ تظليل، محملاً على الهيكل الخارجى للصوبة، مع تركيب غطاء بروبولين آخر يوفر ٢٠٪ تظليل فوق أسلاك التحميل ويمكن أن يبدأ التظليل بالغطاء السفلى مبكرًا فى مارس ومع اقتراب نهاية مارس يقتصر التظليل على الغطاء العلوى، ثم يستعان بكلا الغطاءين فى منتصف أبريل. وعلى أن يوقف التظليل مع أول نوفمبر (Hochmuth ١٩٩٠)

وبينما يعاب على طلاء التظليل عدم إمكان التحكم فى مدى حجبه للضوء حسب التغير اليومى فى شدة الإضاءة، فإن قماش التظليل يمكن تحريكه جانبيًّا فى الأيام التى لا تشتد فيها الحرارة كما قد يمكن وضع ستارة داخلية متحركة تحت مستوى سقف البيت المحمى يمكن فردها أو ضمها حسب الحاجة إلى تظليل

وفى إحدى الدراسات وجد أن تظليل البيوت المحمية (فى زراعات الطماطم)، بالشباك البلاستيكية التى توفر ٢٠٪ تظليل أدى إلى خفض حرارة الهواء والتربة، وإلى خفض شدة الإشعاع الشمسى داخل الصوبة إلى ٥٠٪ من الإشعاع الشمسى الخارجى، مقارنة بانخفاض إلى ٧٠٪ فقط فى الصوبات البلاستيكية غير المظللة. كذلك أدى التظليل إلى تقليل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وإلى خفض المحصول (Francescangeli وآخرون ١٩٩٤)

التهوية

توجه عناية كبيرة نحو نظام التهوية ventilation فى البيوت المحمية، لأنها تحقق

المزايا التالية:

١- تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعًا داخل البيوت المحمية، فتقل بذلك احتياجات التبريد، كما يمكن عند اتباع نظام جيد للتهوية الاستغناء عن التبريد كلية خلال فصل الصيف في المناطق المعتدلة، وخلال فصل الشتاء في المناطق الحارة.

٢- تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون؛ لأن تركيز الغاز يقل سريعًا في البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات في عمليات البناء الضوئي. هذا. ويؤدى انخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون (بسبب سوء التهوية). مع زيادة شدة الإضاءة إلى نقص شديد في الكفاءة التمثيلية للنبات (Stanghellini ١٩٩٤).

٣- غالبًا ما تصل الرطوبة النسبية داخل البيوت المحكمة الإغلاق إلى درجة التشبع. وتحت هذه الظروف يزداد انتشار الأمراض. كما يزداد تكثف قطرات الماء على الجدر الداخلية للبيت في الجو البارد ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس في الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة، وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض، وتؤدى إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات.

وتُعد التهوية غاية في الأهمية صيفًا وشتاءً.

ففى الشتاء — وحتى مع التدفئة — لابد من التهوية لاستبدال الهواء المحمل بالرطوبة بهواء جديد تقل فيه الرطوبة النسبية كما أن بقاء الصوبة مغلقة دون تهوية يؤدى إلى استنزاف ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي؛ يمكن أن ترتفع رطوبة الهواء — بدون تهوية — إلى أكثر من ٩٠٪. وهى حالة محفزة للغاية للإصابة بمختلف الأمراض، ولكن التهوية يمكنها خفض الرطوبة إلى ٧٠٪ أو أقل، وهو مستوى تقل معه الإصابات المرضية، كما في حالة العفن الرمادى على سبيل المثال كذلك تقلل الرطوبة المنخفضة من ظاهرة التكثف المائى ولذا .. يجب أن تُجرى التهوية بمعدل يساعد على خفض الرطوبة، ولكن دون إحداث زيادة كبيرة في تكاليف التدفئة ويلزم — غالبًا — تغيير هواء الصوبة — شتاءً — بمعدل ٢-٣ مرات كل ساعة. وكلما ارتفعت حرارة الهواء داخل الصوبة كلما قلت الحاجة

للتهوية للمحافظة على مستوى منخفض من الرطوبة النسبية ولكن لا يجب – أبدًا – أن يقل معدل تغيير هواء الصوبة عن مرتين في الساعة فإلى جانب خفض الرطوبة. فإن تلك التهوية تعمل على التخلص من الغازات التي قد تتسرب إلى داخل الصوبة عند حرق الوقود المستخدم في التدفئة كذلك لا توجد أي فائدة من زيادة معدل تغيير هواء الصوبة عن أربع مرات في الساعة شتاءً

أما خلال الصيف فإن معدل تغيير هواء الصوبة يجب أن يكون مرة في الدقيقة، ولكن المدى – يتوقف حسب درجة الحرارة وشدة الإضاءة – بين مرة كل ثلاث دقائق إلى ثلاث مرات في الدقيقة

وعلى الرغم من عدم إمكان الاعتماد على التهوية الطبيعية في توفير الظروف المثلى داخل الصوبة. فإن التهوية الطبيعية تتميز – مقارنة بالميكانيكية – بعدم وجود أي تكلفة لها. وبعدم حدوث أي مشاكل عند انقطاع التيار الكهربائي (Buffington وآخرون ٢٠٠٢)

يجب أن يسمح نظام التهوية بتحريك الهواء خلال المحصول وفوق الأرضيات لمنع ارتفاع الحرارة كثيرا حول النباتات وكقاعدة عامة يجب أن يسمح نظام التهوية بتغيير كامل لهواء الصوبة مرة واحدة – على الأقل – كل دقيقة. وكلما ازدادت كفاءة التهوية ازداد الانخفاض في حرارة الصوبة. وأصبح الهواء أكثر مناسبة للمحصول المزروع، وازدادت – كذلك – التكلفة، إلاّ أن الهواء الداخل لن ينخفض حرارته – أبدًا – عن حرارة الهواء الخارجي اعتمادًا على التهوية فقط. ذلك لأن تحقيق ذلك يتطلب استعمال نظام للتبريد

التهوية من خلال منافذ خاصة فى الجدران والأسقف

تعتبر أبسط طرق التهوية هي بعمل فتحات خاصة في جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجي البارد من الفتحات الجانبية

والقاعدة في هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت، وأمكن المحافظة عليها في المجال المناسب للنمو النباتي. ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات التهوية عن ١٧٪ من مساحة البيت، والأفضل زيادتها إلى ٣٠٪.

تكفي في المناطق الباردة تواجد فتحات صغيرة – كالنوافذ – في سقف البيت، ولكن تلك الفتحات لا تكفي للتهوية في المناطق المعتدلة، التي يجب أن تتسع فيها فتحات التهوية، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت.

أما في المناطق الحارة، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتتوزع في جوانب البيت والأسقف، كتلك المبينة في شكل (٣–١٥).

أما في المناطق الباردة التي تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت، فإن فتحات التهوية يجب إغلاقها عند اشتداد الرياح؛ حتى لا تحدث تيارات هوائية شديدة داخل البيت قد يترتب عليها حدوث بعض الأضرار. أما في حالة الرياح الخفيفة، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية في جانب البيت غير المواجه للرياح.

وعند الرغبة في عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية، فإن الفتحات تغطى بشباك خاصة، كتلك المبينة في شكل (٣–١٥)، والتي تظهر تفاصيلها، وكيفية التحكم في فتحها وإغلاقها في شكل (٣–١٦).

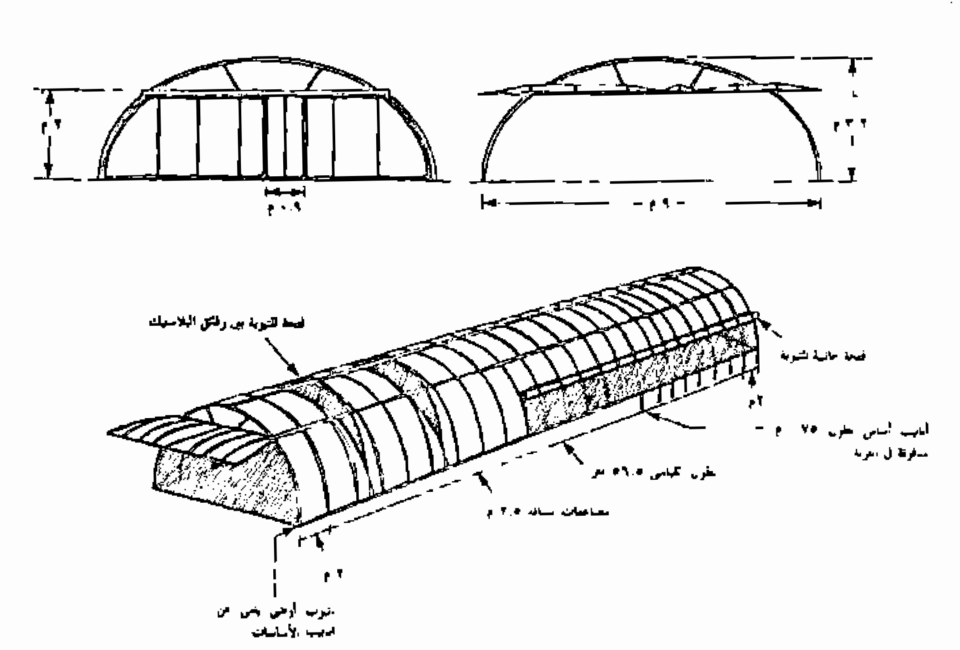
ويتم التحكم في فتح وإغلاق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية:

١– يدويًا بفتح أو إغلاق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة

٢– يدويًا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك، أو بتروس يستعمل في هذا النظام سلك فولاذي بقطر ٣ مم يتصل بعجلة.

٣– آليًا؛ حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذي يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح

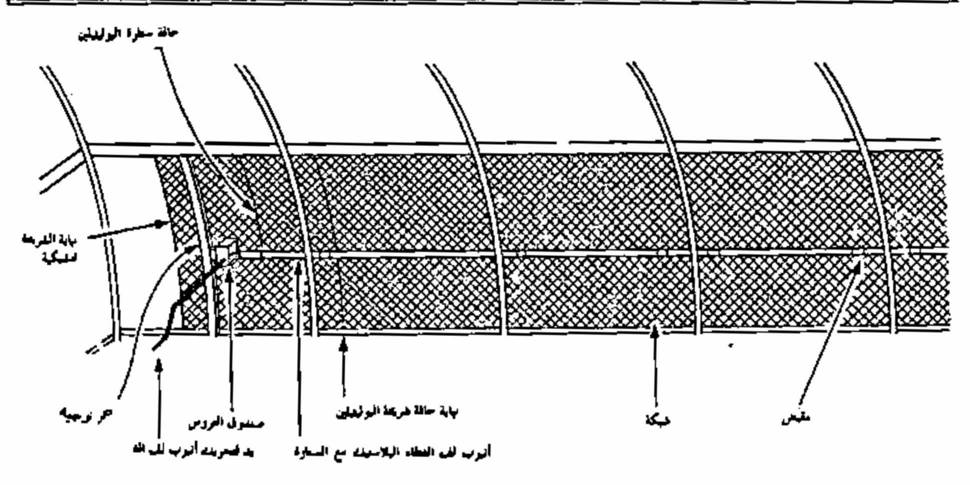
به



شكل (٣-١٥) أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة بين شرائح البلاستيك، وبامتداد الجانبين الطويلين، مع إمكانية رفع الأبواب إلى أعلى لزيادة التهوية (عن شركة Fordinbridge - إنجلترا)

التهوية بنظام المنافذ والمراوح

يتبع نظام المنفذ والمراوح للتهوية فى البيوت الكبيرة التى لا تفيد معها منافذ التهوية العادية. خاصة فى الجو الحار وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل على طرد الهواء الداخلى خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجى بارد من المنافذ التى توجد فى الجانب الآخر تظل المنافذ مفتوحة طوال الوقت فى الجو الحار، بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها عند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به



شكل (٣–١٦): تخطيط لفتحة تهوية بامتداد الجانب الطولى للبيت بين الغطـاء الـشبكى للفتحة، وكيفية التحكم فى فتحها وإغلاقها (عن شركة Fordinbridge – إنجلترا).

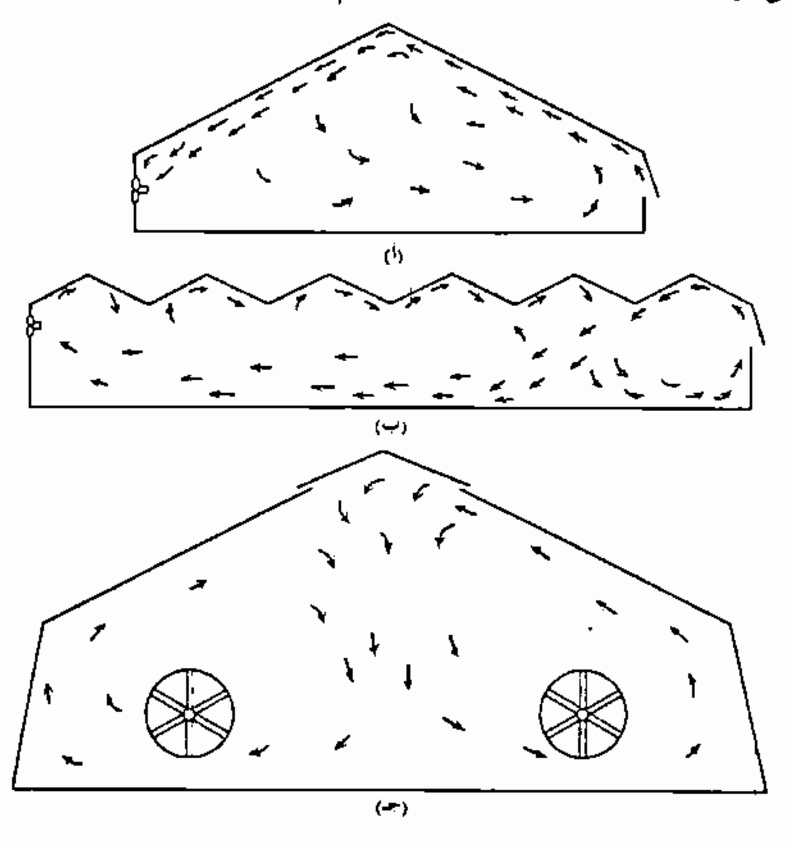
وللحصول على أعلى كفاءة ممكنة يجب أن تكون المراوح المستخدمة قادرة على سحب كل هواء البيت بمعدل مرة فى الدقيقة. ويفضل استخدام المراوح ذات السرعتين. أما منافذ التهوية، فيجب أن تكون مساحتها ٤–٥ أضعاف مساحة المراوح المستخدمة على الأقل (Sheldrake ١٩٧١).

يتبع هذا النظام عادة فى البيوت الكبيرة المجهزة بوسائل التبريد بالمروحة والوسادة؛ حيث يكتفى فيها بتشغيل المراوح فقط خلال فصل الشتاء حينما تكون درجة الحرارة معتدلة فى الجو الخارجى، بينما يتم تشغيل نظام التبريد فى الجو الحار.

ويبين شكل (٣–١٧) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية. وذلك فى كل من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط.

ولحساب احتياجات الصوبة من مراوح التهوية يُحسب حجم الصوبة من حاصل ضرب مقطع الصوبة فى طولها، ويكون ذلك هو – ذاته – الحد الأدنى لقدرة المروحة على طرد الهواء فى كل دقيقة. ويجب اختيار المراوح التى يمكنها سحب هذا الحجم من الهواء عند

الضغط الاستاتيكي للصوبة (والذى يتراوح بين ٠,٠٧ و ٠,١ بوصة، يُضاف له الضغط الاستاتيكي لوسائد التبريد إن وجدت) بأقل قدر يلزم من قوة الحصان لتشغيلها.



شكل (٣-١٧) مسار التحركات الهوائية عند التهوية (أ) فى بيت مفرد على شكل جمالون متناظر الانحدار، مع وجود فتحة التهوية فى جانب البيت، والمراوح الساحبة للهواء فى الجانب الآخر (ب) فى مجموعة من البيوت المتصلة على شكل القنوات والخطوط بنظام التهوية السابق نفسه (جـ) فى بيت مفرد على شكل جمالون متناظر الانحدار، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت

ومن الاعتبارات المهمة الأخرى لاختيار قدرة المراوح وتركيبها، ما يلى:

١- إن لم يكن هناك مفر من مقابلة المراوح للرياح السائدة صيفاً، تجب زيادة قدرة المراوح بنحو ١٠٪، مع زيادة مقابلة فى قوة حصان موتور المروحة

٢- يجب تزويد كل المراوح بمغالق أوتوماتيكية للحماية من الظروف الجوية ولمنع حدوث تسرب للهواء الخارجى عندما لا تكون المراوح فى حالة تشغيل.

٣- عندما تكون مراوح بيوت محمية متجاورة قريبة من بعضها البعض وتطلق هواءها الساخن في نفس المكان بين الصوبات، فإنها يجب أن تُعزل عن بعضها البعض لتجنب طرد الهواء مباشرة من مروحة لأخرى.

٤- يجب أن تحاط المراوح بشبكة سلكية لحماية الأفراد من ملامسة أى من أجزائها المتحركة (Jones ٢٠٠١).

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية المعلّقة

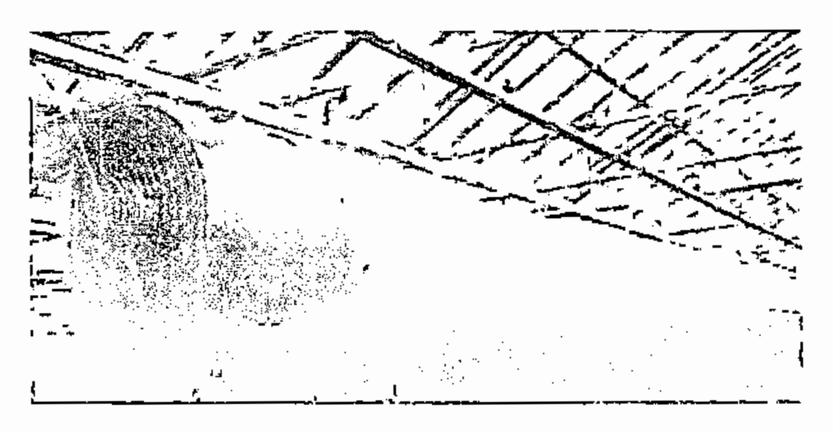
كثيرًا ما تستخدم فى التهوية أنابيب من البوليثيلين تثبت عالية بقدر كافٍ حتى لا تتضرر النباتات من الهواء الخارجى البارد، حيث يختلط بهواء الصوبة الدافئ قبل وصوله للنباتات. وتكون الأنبوبة بقطر حوالى ٩٠ سم، وتمتد بطول الصوبة، وتثبت فى مكانها بسلك وأطواق، ويوجد بجانبيها ثقوب بقطر ٧,٥سم كل ٩٠-١٥٠سم. يتصل أحد جانبى الأنبوبة بمروحة التهوية، ويتصل الجانب الآخر بمصاريع (عوارض) مدلاة ومتحركة. يسمح ذلك للهواء الخارجى بالدخول تدريجيًا دون الإضرار بالنباتات، وبسحب الهواء الحار الذى يتجمع بالقرب من سقف الصوبة (Marr ١٩٩٥).

التهوية فى الجو البارد

يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية فى الجو البارد؛ حيث يكون الهواء الخارجى باردًا بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية. ولتلافى ذلك يسمح لهذا الهواء بالدخول إلى الأنبوبة البلاستيكية أولاً؛ حيث يتوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت.

ويوضح شكل (٣-١٨) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام: تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر. ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت؛ فيندفع الهواء

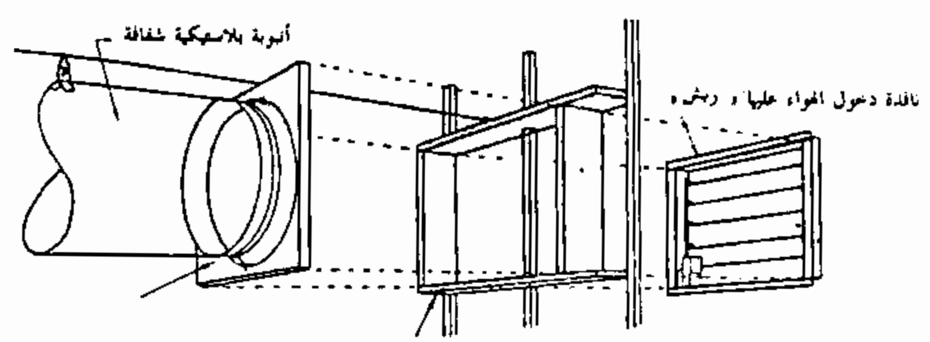
بالتالى من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع ارجاء البيت



شكل ٣-١٨ أنبوبة بلاستيكية تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات، ويمكن ان تستخدم فى التهوية فى الجو البارد، وفى توزيع الهواء الدافئ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

هذا وتغطى الفتحة الخارجية بـ "ريش" خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت. وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٣-١٩) ويتم فتح هذه "الريش" بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وإغلاقها، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة، حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد وليس لموقع المروحة الساحبة للهواء أهمية كبيرة، نظرًا لأن كل وظيفتها هى توليد تفريغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية

ويجب أن تُعْطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت؛ نظرًا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ٠,٤٦-١,٢٢ مترًا مكعبا من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل متر مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٠.٨٤م³ فى الدقيقة.



شكل (٣-١٩): تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت.

تعمل التهوية بهذا المعدل — تحت الظروف القياسية — على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ٨°م عن الجو الخارجى. فإذا أُريد المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين الهواء الداخلى والخارجى، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد. ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول (٣-١٤)، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة.

جدول (٣-١٤): معامل تصحيح التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (F_{winter}).

	الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (°م)									
	١٠	٩,٤	٨,٩	٨,٣	٧,٨	٧,٢	٦,٧	٦,١	٥,٦	٥,٠
F_{winter}	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٩٤	١,٠٠	١,٠٧	١,١٥	١,٢٥	١,٣٧	١,٥٠	١,٦٧

هذا .. والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت على ٣٠٥م على سطح البحر، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠ قدم — شمعة (klux ٥٣,٨) فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدولى (٣-٩، و ٣-١١). كذلك يجب الاهتمام

بحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية، ومساحة الثقوب بها. لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ٩ أمتار من عرض البيت (أى ٤.٥م على كل جانب من جانبيها)

وتكون الثقوب عادة صغيرة. لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١.٥-٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة. ونظرًا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت، لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب. حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليه حد وغالبا ما تكون المسافة بين الثقوب ٦٠-٩٠ سم

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية فى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية فى الجو البارد ولتحقيق ذلك تثبت المروحة الساحبة للهواء والأنبوبة البلاستيكية كالعادة. لكن دون إيصال طرفها المفتوح بجدار البيت، بل يظل على بعد ٦٠-١٢٠ سم من الفتحة الموجودة بالجدار. وتثبت على الطرف المفتوح للأنبوبة مروحة دافعة للهواء تعمل باستمرار، فتظل الأنبوبة دائمًا مملوءة بالهواء

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفريغ جزئى فى البيت. فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (والتى تكون مغطاة بـ ريش خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها). لتتلقفه المروحة القريبة المثبتة فى طرف الأنبوبة البلاستيكية، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع فى جميع أرجاء البيت ويجب أن تكون قدرة المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة مساوية لقدرة المروحة الساحبة للهواء من البيت. وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد الداخل إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات، بدلاً من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أى عندما لا تكون هناك حاجة إلى التهوية)، فإن المروحة التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة

البلاستيكية (والتى تعمل باستمرار) تؤدى إلى تحريك هواء البيت باستمرار، محققة المزايا الآتية.

١- تجانس درجة الحرارة داخل البيت بتحريك الهواء الدافئ الذى يتجمع أعلى البيت، ومنع تكتل الهواء البارد حول النباتات.

٢- تحريك غاز ثاني أكسيد الكربون الذى يقل تركيزه حول النباتات.

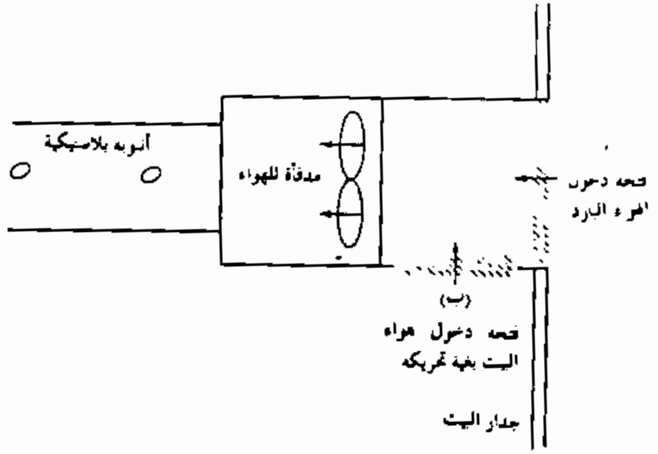
٣- تقيل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧).

التهوية والتدفئة بنظام الأنبوبة البلاستيكية، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانًا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارًا والتدفئة ليلاً. ويمكن تحقيق ذلك بنظام واحد تستخدم فيه أنبوبة بلاستيكية مثقبة، كما فى حالة التهوية. ينتهى طرف الأنبوبة قبل جدار البيت بنحو ٦٠ سم؛ حيث تحاط هذه المسافة بما يشبه الصندوق. كما فى شكل (٣-٢٠). ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل. أما الفتحة (أ)، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند الحاجة إلى التهوية. وكلتا الفتحتين مغطاة ب "ريس" خاصة، ويمكن إحكام غلقها. وتثبت فى بداية الأنبوبة مروحة دافعة للهواء داخل الأنبوبة.

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به تفتح الفتحة (أ) وتغلق الفتحة (ب). وتعمل المروحة الساحبة للهواء التى توجد فى مكان آخر بالبيت. فيندفع الهواء البارد الخارجى من الفتحة (أ)، ومنه إلى الأنبوبة البلاستيكية من خلال المروحة التى تعمل باستمرار.

وعندما تنخفض درجة الحرارة داخل البيت إلى المجال المناسب تقفل الفتحة (أ)، وتفتح الفتحة (ب). وتتوقف المروحة الساحبة للهواء من البيت عن العمل، لكن يستمر تشغيل المروحة التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة؛ حيث تمتلئ بهواء البيت،؛ فتعمل بذلك على تجانس درجة الحرارة داخل البيت.



شكل (٣-٢٠) تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية، والتدفئة، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلاً يبدأ جهاز التدفئة فى العمل مع استمرار الوضع على ما هو عليه (الفتحة "أ" مغلقة، والفتحة "ب" مفتوحة، والمروحة الساحبة للهواء من البيت لا تعمل، والمروحة الدافعة للهواء داخل الأنبوبة تعمل)، فيندفع الهواء الساخن إلى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت. ويوضح شكل (٣-٢١) تجسيمًا لهذا النظام مع استعمال مدفأتين.

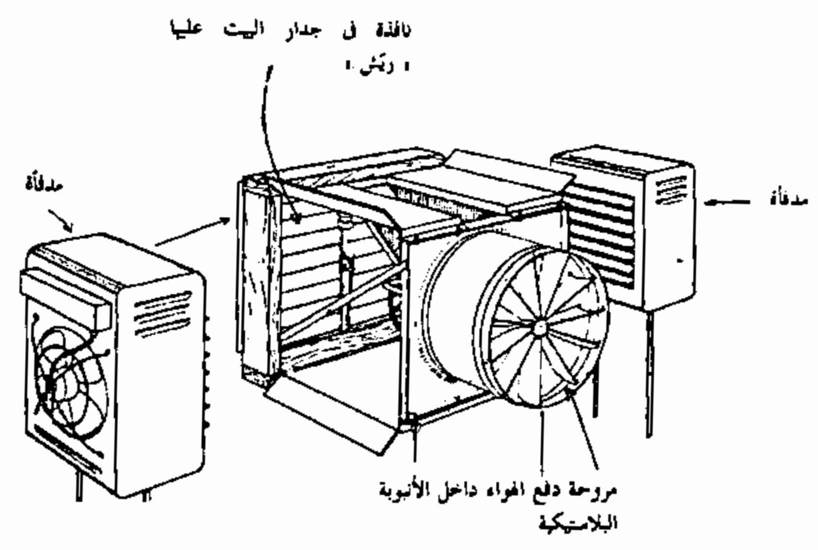
صيانة نظم التهوية

إن صيانة نظم التهوية تتطلب مراعاة ما يلى:

١- التأكد من نظافة ريش المراوح وملحقات المراوح مثل أقفاصها ومغاليق الهواء، ذلك أن تراكم ولو جرامات من الأتربة على الريش يمكن أن يحدث عدم توازن بالمروحة تكفى لخفض كفاءتها بنحو ٣٠٪.

٢- ومع نظافة أجزاء المروحة يلزم تشحيم كل أجزائها المتحركة، وكذلك تشحيم مغاليق الهواء.

٣- التخلص من أى شئ أو نموات نباتية قد تتواجد بالقرب من المروحة حتى لا تعوق حركة الهواء (Buffington وآخرون ٢٠٠٢).



شكل (٣-٢١) رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضًا فى التدفئة، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت (عن Hannan وآخرين ١٩٧٨).

استعمال مراوح التوزيع المحركة للهواء فى البيوت المحمية غير المهواة

تفيد مراوح التحريك الأفقى للهواء فى تحريك الهواء داخل البيت المحمى، بما يعنى تجانس حرارة الهواء، وعدم تراكم الرطوبة حول النباتات؛ مما يفيد فى زيادة تجانس النمو وتقليل مخاطر الإصابة بالأمراض

ويتم تحريك الهواء بإحدى طريقتين، كما يلى:

١- طريقة المروحة والأنبوبة:

يتم بموجب هذه الطريقة دفع الهواء بواسطة مروحة داخل أنبوب بلاستيكى مثقب، ليتوزع فى مختلف أرجاء الصوبة. يمتد هذا الأنبوب بطول الصوبة ويتدلى من هيكلها العلوى. يمكن أن يُستعمل هذا الأنبوب — كذلك — فى توزيع هواء التهوية عند الرغبة فى إجراء تعديل بسيط فى حرارة هواء الصوبة. وفى توزيع هواء التدفئة عند الرغبة فى إجراء التدفئة. ويتعين تغيير هذه الأنابيب سنويًا لأنها تتسخ وتتسبب فى تظليل النباتات.

٢- طريقة توزيع الهواء بمراوح منخفضة السرعة كبيرة الحجم، وهى طريقة يتم بموجبها تحريك الهواء بمجرد تشغيل المراوح ولزيادة كفاءة النظام يمكن تثبيت المراوح متبادلة فى الممرات لتأمين تحرك الهواء داخل الصوبة بأكملها (Jones ٢٠٠١)

وقد درس Fernandez & Bailey (١٩٩٤) تأثير مراوح التوزيع المحركة للهواء داخل الصوبة Air Recirculation Fans على تجانس الظروف البيئية فيها، ومدى تأثر ذلك بطول نباتات الطماطم النامية بها، ووجدا ما يلى

١- قل التجانس الذى أحدثته مراوح توزيع الهواء كلما ازدادت شدة الإضاءة خارج الصوبة

٢ كان متوسط قياسات العوامل البيئية فى الأيام المشمسة -- خلال فترة الدراسة — كما يلى 'الإشعاع الشمسى خارج البيت ٤٤٥ وات/م^{٢}، ودرجة الحرارة داخل الصوبة ٣٠ °م، وضغط بخار الماء داخل الصوبة ٧٨ ٣ كيلو باسكال، وتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ٦٣٠ جزءا من المليون

٣- تحت هذه الظروف، كانت الاختلافات فى العوامل البيئية المقيسة داخل الصوبة — فى حالة عدم تشغيل مراوح التوزيع — كما يلى: ٧°م فى حرارة الصوبة، وكيلو باسكال واحد فى ضغط بخار الماء، و ١٥٠ جزءا فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون

٤- وعند تشغيل مراوح التوزيع كانت الاختلافات فى العوامل البيئية داخل الصوبة كما يلى ٦ ١ م فى حرارة الصوبة، و ٣ ٠ كيلو باسكال فى ضغط بخار الماء، و ٢٠ جزءاً فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون

٥- أدى نمو النباتات إلى ضعف تجانس سرعة حركة الهواء فى مختلف أنحاء الصوبة، حيث كانت النسبة بين أعلى وأقل سرعة هواء ٢ ١ فى الصوبة الخالية، مقارنة بـ ٧ ١ عندما بلغ طول النباتات ٢,٦م. وكانت أقل سرعة للهواء — عند وجود نباتات طويلة فى الصوبة — خلال الأجزاء السفلى من النموات الخضرية

٦- حدثت أضرار بسيطة بأوراق وثمار النباتات المواجهة لمراوح التوزيع مباشرة

مقارنة بين كفاءة الطرق المختلفة للتظليل والتهوية والتبريد

اختبرت طريقتان للتهوية الطبيعية فى الصوب القياسية (٥٤٠ م^2)، مقارنة بالتهوية العادية فى تلك الصوبات، وهى توفير مساحة من التداخل بين كل شريحتين من شرائح البلاستيك عرض خمسة أمتار. والطريقتان كانتا: (أ) تعديل الطريقة العادية لتصبح تهوية جانبية بعرض متر واحد على كل من جانبى الصوبة بفتحة ١٢٠م^2/٥١٠م^2 مساحة زراعة، و (ب) تهوية علوية من أعلى الصوبة بعرض ٠,٨م على طول الصوبة بفتحة ٤٨م^2/٥١٠م^2 مساحة زراعة. وقد تبين أن التهوية الجانبية أدت إلى خفض الحرارة ٢-٣°م شتاءً، وحوالى ٤-٥°م صيفًا، وذلك مقارنة بالكنترول، كما أدت إلى تحسين دلائل النمو والمحصول الكلى للخيار. وتلاها فى التأثير الإيجابى التهوية العلوية. ثم الكنترول (Wadıd وآخرون ٢٠٠٠).

كما أظهرت دراسة قورنت فيها التهوية بمعدلين (٠.٠٤١م^3 لكل م^2 فى الثانية، و ٠.٠٨٧م^3 لكل م^2 فى الثانية). مع التبريد بالمروحة والوسادة من عدمه، والتظليل بثلاثة مستويات (٥٠٪ تظليل بقماش أسود، و ٤٠٪ تظليل بقماش أبيض، و ٥٠٪ تظليل بقماش أسود معرض للمست)، والمراوح المحركة للهواء من عدمه على كل من حرارة الأوراق والهواء الداخلى للصوبات المزروعة بالطماطم، ووجد ما يلى:

١- كان التظليل أكثر المعاملات كفاءة فى خفض حرارة الأوراق، بينما كان التبريد بنظام المروحة والوسادة أكفأ وسيلة لخفض حرارة هواء الصوبة.

٢- تماثلت كفاءة الـ ٤٠٪ تظليل بقماش أبيض مع الـ ٥٠٪ تظليل بقماش أسود جاف فى خفض حرارة الأوراق، إلا أن الـ ٥٠٪ تظليل بقماش أسود معرض للمست كان أكثر كفاءة من كليهما.

٣ - مع المعدل المنخفض للتهوية كان الـ ٤٠٪ تظليل بقماش أبيض والـ ٥٠٪ تظليل بقماش أسود معرض للمست متساويين فى خفضهما لحرارة الهواء. وكان كلاهما أفضل فى هذا الشأن من الـ ٥٠٪ تظليل بقماش أسود جاف.

٤- مع المعدل المرتفع للتهوية خفضت معاملات التظليل الثلاث حرارة الهواء بدرجة متساوية تقريبًا.

٥- لم يكن معدل التهويه العالى فعالاً إلاّ عندما اقترن مع التبريد بنظام المروحة والوسادة

٦- أحدث الجمع بين التظليل، والتبريد بنظام المروحة والوسادة، والمعدل العالى للتهوية أكبر انخفاض فى كل من حرارة الأوراق والهواء

٧- كان لمراوح تحريك الهواء تأثير قليل فى خفض حرارة الأوراق، بينما لم يكن لها أى تأثير على حرارة الهواء (Willits ٢٠٠٠).

وتبين لدى مقارنة التهوية الطبيعية (فتحات سقفية أو جانبية أو كلاهما) مع التبريد بنظام المروحة والوسادة (باستعمال مروحة قادرة على سحب ٠,٦م^3 من الهواء لكل م^2 فى الثانية) أن حرارة الهواء صيفًا فيما بين العاشرة صباحًا والثانية بعد الظهر كانت أعلى فى حالة التهوية (٣١,٨°م) مقارنة بالحرارة فى حالة التبريد (٢٦,٨°م) (Teitel وآخرون ٢٠٠٧)

وعندما أجريت مقارنة بين ثلاث وسائل لتبريد الصوبات البلاستيكية (التضبيب fogging، والتهوية الطبيعية، والتهوية الإجبارية، والطلاء الأبيض للبلاستيك)، كان التضبيب أكثر الطرق كفاءة فى خفض الحرارة القصوى، ولكنه كان أقلها كفاءة فى خفض حرارة النموات الخضرية. كما لم يتحسن المحصول بأى من طريقتى التضبيب أو التهوية الإجبارية، مقارنة باستعمال الطلاء الأبيض. وقد صاحب التضبيب حدوث أعلى نسبة من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى. وكانت أكفأ وسيلة للتبريد هى الجمع بين الطلاء الأبيض والتهوية الطبيعية، وهى الوسيلة التى لم تتطلب - كذلك - أى استهلاك للماء أو الطاقة (Gázquez وآخرون ٢٠٠٧).

كذلك قورن تأثير كل من التبريد عن طريق التظليل بالستائر الألومنيومية المتحركة والتبريد بالمست على نمو ومحصول الفلفل، حيث تم تنشيطهما عندما وصلت الحرارة داخل الصوبة إلى ٢٨°م. وكان المست لمدة ١٥ ثانية كل ١٥ دقيقة. أدى نظام التظليل إلى خفض الإشعاع النشط فى البناء الضوئى PAR (بالميكرومول فى الثانية لكل متر مربع) بأكثر من ٥٠٪ مقارنة بشدة الإشعاع خارج الصوبة وسط النهار، وحتى ٦٦٪ فى الصباح وآخر النهار؛ هذا بينما

أدى التبريد بالمست إلى زيادة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى بمقدار الثلث مقارنة بالوضع عند تشغيل نظام التظليل، وذلك فى منتصف النهار. وقد أدت طريقتا التبريد (بالتظليل والمست) إلى خفض الحرارة حول النموات النباتية، مقارنة بالحرارة فى حالة عدم تشغيل أى من طريقتى التبريد. وكانت النباتات أكثر طولاً وسيقانها أقل سمكًا فى حالة التبريد بالتظليل، مقارنة بالوضع فى حالة التبريد بالمست. وقد ازداد المحصول عند التبريد (بأى من الطريقتين) بمقدار ٢٥٠٪ مقارنة بالمحصول فى حالة عدم التبريد. ولما كانت تكلفة إقامة نظام التبريد بالمست تبلغ نحو ١٠٪ من تكلفة إقامة نظام التبريد عن طريق التظليل بالستائر الألومنيومية المتحركة، فإن النظام الأول يكون هو المفضل. هذا علمًا بأن استعمال أى من النظامين لم يكن مصاحبًا — فى صوبات الفلفل — بأية أمراض أو نموات غير طبيعية (Cantliffe وآخرون ٢٠٠٧).

الرطوبة النسبية

تزداد قدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٣-١٣)؛ وبذا .. فإن أى ارتفاع، أو انخفاض فى درجة حرارة هواء الصوبة (دون أى تغير فى كمية بخار الماء المطلقة التى يحملها الهواء) تؤدى — تلقائيًّا، وعلى التوالى — إلى انخفاض أو ارتفاع فى رطوبته النسبية، يتوقف مداه على مقدار الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة

ويترتب على ذلك ارتفاع الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة فى الحالات التالية:

١- عند انخفاض درجة الحرارة ليلاً.

٢- عند انخفاض درجة الحرارة نهارًا بفعل التبريد..

٣- عند زيادة محتوى الهواء من بخار الماء بفعل التبريد بنظام المروحة والوسادة، أو بالتبريد بالرذاذ mist تحت ضغط عال.

٤- عند وجود قصور فى عملية التهوية، حيث يتراكم بخار الماء الناتج من التبخر من التربة، والنتح من النباتات.

كما تنخفض الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة فى الحالات التالية:

١- عند العناية بإجراء التهوية بصورة مناسبة

٢- عند إجراء التدفئة الصناعية شتاءً، وخاصة عند ممارسة التدفئة — مع التهوية — على فترات؛ للتخلص من الرطوبة التى تتراكم أولا بأول.

وبذا ، فإنه يمكن التحكم فى الرطوبة النسبية — سواء بالارتفاع، أم بالانخفاض — بملاحظة الأمور التى أسلفنا بيانها كما يمكن إجراء هذا التحكم آليًّا بوضع مقياس للرطوبة Humidistat فى الصوبة، وتوصيله بأى من جهاز "المست Mist"، أو مروحة التبريد الصحراوى، أو مروحة التهوية، أو منافذ التهوية؛ بحيث تبقى الرطوبة النسبية فى المدى المناسب لأطول فترة ممكنة

ومن أبرز أضرار الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض (الأقل من ٢٥٪) ضعف عقد الثمار، بسبب جفاف المياسم وحبوب اللقاح فى هذه الظروف

أما الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع (الأعلى من ٩٠٪) فإن مضارها كثيرة، كما يلى:

١- يؤدى أى انخفاض فى درجة الحرارة (كما يحدث ليلاً) إلى تكثف الندى على النموات النباتية، الأمر الذى يعمل على ظهور الإصابات المرضية الفطرية والبكتيرية وسرعة انتشارها

٢- يتكثف الندى كذلك على الغطاء البلاستيكى، ثم يتجمع على شكل قطرات تتساقط على النباتات، لتحدث بها أضرارا ومن ناحية أخرى .. فإن تكثف الندى على الغطاء البلاستيكى يفيد فى منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التى تنطلق من التربة والنباتات أثناء الليل، الأمر الذى يرفع قليلاً من درجة حرارة الصوبة فى الليالى الباردة.

٣- تؤدى الرطوبة النسبية العالية — ذاتها — إلى انتشار عديد من الأمراض الفطرية، مثل البياض الزغبى، والعفن الرمادى Crey mould.

٤- تزداد — بشدة – الأضرار التى تحدثها ملوثات الهواء — التى تنتج عن الاحتراق

غير الكامل للوقود المستخدم فى تدفئة البيوت المحمية، أو لأجل تزويدها بغاز ثانى أكسيد الكربون — عندما يكون ذلك مصاحبًا بارتفاع فى الرطوبة النسبية لهواء البيت، وخصة عندما تكون النباتات فد تعرضت لرطوبة عالية قبل تعرضها لملوثات الهواء. ويتوقف مدى الضرر على نوع الملوثات (لأن بعضها — مثل SO_2 — يؤثر على وظائف الثغور)، والوقت الذى تتعرض فيه النباتات لها (لأن الأضرار المحتملة لملوثات الهواء تزداد نهارًا أثناء انفتاح الثغور).

ولكن الرطوبة النسبية العالية تكون مطلوبة عند مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorium* بالفطر *Verticilium lecanii*؛ إذ تحتاج جراثيم الفطر إلى رطوبة عالية لمدة ١٠ ساعات لكى تنبت، على أن تتوفر رطوبة عالية مرة أخرى — بعد ذلك — عندما يبدأ الفطر فى التجرثم من جديد (عن Grange & Hand ١٩٨٧).

هذا .. وتتباين نتائج الدراسات حول تأثير الرطوبة النسبية على النمو النباتى. فبينما تُظهر معظم دراسات حجرات النمو تحسنًا فى نمو الشتلات مع الارتفاع المستمر فى الرطوبة النسبية ليلاً ونهارًا، نجد تباينًا واضحًا فى تأثير الرطوبة النسبية على المحصول تحت ظروف البيوت المحمية. ففى المدى الرطوبى الذى تتعرض له النباتات — عادة — فى البيوت المحمية (٠,٢-١,٠ كيلو باسكال kPa) — وفى غياب الإصابات المرضية — أدت زيادة الرطوبة النسبية إلى زيادة المحصول فى الخيار، ونقصه فى الطماطم، بينما لم يتأثر محصول الفلفل.

ويتبين من دراستات Bakker (١٩٩٠) أن نمو نباتات الباذنجان لم يتأثر بمستوى الرطوبة الجوية. بينما نقص المحصول عند استمرار ارتفاع الرطوبة، وازداد ذبول وإنكماش كأس الثمرة (وهو أحد العيوب الفسيولوجية الهامة التى تؤثر سلبيًّا على مظهر الثمار وقيمتها التسويقية، وتشجع على إصابتها بالأعفان أثناء التخزين) عند استمرار انخفاض الرطوبة النسبية. هذا .. بينما أدت زيادة الرطوبة النسبية نهارًا إلى زيادة حجم الثمار

ومن المعروف أن للرطوبه النسبية تأثيرًا كبيرًا على امتصاص الكالسيوم وتوزيعه فى النبات، ذلك لأن الكالسيوم يتحرك فى النبات مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح، وبذا .. نجد أن نقص الرطوبة النسبية يؤدى إلى زيادة معدل النتح، وبالتالى زيادة امتصاص الكالسيوم كما يتجمع الكالسيوم فى الأوراق والسبلات (التى تكون الكأس فى الثمار)؛ لأنها تنتح. بينما لا يصل سوى القليل من العنصر إلى الثمار، لأنها لا تنتح إلا قليلاً، وبذا يمكن أن تظهر عيوب فسيولوجية – تنتج عن نقص الكالسيوم – مثل تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل، والثمار الإسفنجية Pillowy Fruit فى الخيار.

وبينما تؤدى زيادة الرطوبة النسبية إلى نقص امتصاص عنصر الكالسيوم – بسبب خفضها لمعدل النتح – فإن ذلك يساعد على انتقال الكالسيوم إلى الثمار، وخاصة أثناء الليل

التحكم فى الإضاءة

يمكن التحكم فى الإضاءة فى البيوت المحمية من خلال التحكم فى كل من شدة الاضاءة والفترة الضوئية، سواء بالزيادة أم النقصان

التحكم فى شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة فى حالات خاصة، هى:

١– خلال فصل الصيف فى الجو الصحو بالمناطق الحارة، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة. ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسى إلى طاقة حرارية، فترتفع بذلك درجة الحرارة كثيرا داخل البيوت

٢– عند إنتاج بعض نباتات الزينة (نباتات الظل).

ويتم التحكم فى شدة الإضاءة بصورة جيدة باستعمال شباك التظليل البلاستيكية المناسبة التى تُحدث تظليلا بدرجات تتراوح بين ١٠٪ و ٩٠٪ حسب الحاجة. كما يمكن

خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير، إلا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء.

زيادة شدة الإضاءة

نجد فى المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزاوية صغيرة كما تكون السماء ملبدة بالغيوم معظم ساعات النهار. ويتبع ذلك أن تكون الإضاءة ضعيفة فى هذه المناطق؛ مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية. ومما يساعد على جعل هذه الإضاءة الإضافية أمرًا اقتصاديًا فى هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقة خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو، مما يستدعى تغذية البيوت بغاز ثانى أكسيد الكربون. وقد أوضحت عديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثانى أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة.

مصادر الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية

من أهم مصادر الإضاءة الصناعية التى يمكن أن تستعمل فى الزراعات المحمية ما يلى:

١- المصابيح المتوهجة Incadescent Lamps. أو (لمبات) التنجستين:

وهى مصابيح (لمبات) يتوهج فيها فتيل من التنجستين Tungsten Filament. تبعث اللمبة بالضوء من الفتيل الذى يسخن بدرجة كبيرة، مرسلاً أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ مللى ميكرون)، وتستمر حتى طيف الأشعة الحمراء (٧٥٠ مللى ميكرون)، ويكون ضوء لمبات التنجستين غنيًا فى محتواه من الأشعة تحت الحمراء التى تفقد فى صورة حرارة. ولا يتحول إلى ضوء سوى ٧٪ فقط من إجمالى الإشعاع الصادر منها. ولهذا .. فلمبات التنجستين تعد قليلة الكفاءة فى زيادة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئى، إلا أنها تفيد فى زيادة تدفئة النباتات، وفى التحكم فى إزهار النباتات التى تتأثر بالفترة الضوئية فى إزهارها.

وبصورة عامة فإن لمبات التنجستين لا تستعمل في الإضاءة في البيوت المحمية؛ بسبب إنتاجها لقدر زائد من الطاقة الحرارية وعلى الرغم من أن نوعية الضوء الذى ينبعث منها يناسب بعض النباتات .. إلا أنها لا تصلح كمصدر للضوء الصناعى عند استعمالها بشدة إضاءة منخفضة بالقدر الذى يلزم لتجنب الحرارة الزائدة، والتى تكون ضارة فى أحيان كثيرة.

٢- المصابيح الفلورية (النيون) Fluoresent Lamps

تبعث لمبات الفلورسنت بضوء منخفض فى الأشعة الحمراء، لا يحتوى على أية أشعة تحت حمراء؛ ولذا نجد أن اللمبات تكون باردة. ويحتوى ضوء لمبات الفلورسنت على بقية ألوان الطيف بصورة قريبة من تلك الموجودة فى أشعة الشمس (جانيك ١٩٨٥).

وتعتبر لمبات الفلورسنت أكثر استعمالاً فى حجرات النمو منها فى البيوت المحمية.

ومن أنواع اللمبات الفلورسنتية ذات الكفاءة العالية نوع يعرف باسم الأبيض البارد Cool white. ونوع آخر يعرف باسم الأبيض الدافئ Warm white، وكلاهما يحول نحو ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى طاقة ضوئية (مقارنة بنحو ٥٪-٧٪ فقط فى لمبات التنجستين)، وأكثرهما استعمالاً النوع الأبيض البارد. وفى كليهما يميل الطيف إلى السيادة فى منطقة الضوء الأزرق.

وتتوفر أنواع أخرى من اللمبات الفلورسنتية تحتوى على فوسفور يشع طيفًا ذا موجات ضوئية أكثر مناسبة لعملية البناء الضوئى؛ مثل لمبات مجموعة Plant Gowth A التى يزيد إشعاعها فى مدى الضوء الأحمر. ولمبات مجموعة Plant Growth B التى يكثر إشعاعها فى مدى الموجات التى يزيد طولها على ٧٠٠ مللى ميكرون.

ومن أهم العوامل التى تحد من استعمال اللمبات الفلورسنتية انخفاض شدة الإضاءة المنبعثة منها، الأمر الذى يستدعى زيادة عدد اللمبات التى يتعين استخدامها لتأمين الإضاءة المناسبة، وهو ما يعنى زيادة التكاليف، مع زيادة التظليل الناشئ عن الـ fixtures المستخدمة فى تثبيت اللمبات فى مكانها.

ويعمل الجمع بين لمبات التنجستين ولمبات الفلورسنت على تحقيق نوع من التكامل والتوازن بينهما، حيث تكون الأشعة الناتجة منهما أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أي منهما منفردة. ويقل انطلاق الطاقة الحرارية، وتزداد كفاءة استهلاك الطاقة الكهربائية مقارنة باستعمال لمبات التنجستين منفردة.

٣- مصابيح التفريغ ذات الشدة العالية High Intensity Discharge Lamps:

أنواعها كثيرة جدًا، ويستعمل بعضها في الزراعات المحمية. ومن أمثلتها لمبات التفريغ الزئبقية ذات الضغط العالى High-Pressure Mercury Discharge Lamps. يتشابه الطيف المنبعث منها — جزئيًا — مع طيف اللمبات الفلورسنتية. وتحتوى بعض أنواعها (مثل الطراز: MBFR/U) على مسحوق فلورسنتي يغطى السطح الداخلى لزجاج المصباح؛ يحول معظم الأشعة فوق البنفسجية إلى موجات من الضوء المرئى، وخاصة من الطيف الأحمر، الأمر الذى يجعل الضوء الصادر من المصباح أكثر صلاحية للنمو النباتي. ويزيد كفاءتها — فى تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية مرئية — إلى ١٣

تتوفر كذلك — منها — مصابيح الهاليدات المعدنية ذات الضغط العالى High-Pressure Metal Halide، وهى تحول ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى طاقة ضوئية فى المدى المفيد للنبات (من ٤٠٠ إلى ٧٠٠ مللى ميكرون). ويعيبها أنها أكثر تكلفة من مصابيح الزئبق ذات الضغط العالى High-Pressure Mercury Lamps، وتدوم لفترة أقل منها، كما تفقد كفاءتها بسرعة.

وتعتبر مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالى High-Pressure Sodium Lamps أكثر انتشارًا وأقل تكلفة — ويسود فى الطيف الناتج منها الموجات الطويلة، وخاصة موجات الضوء الأصفر (٥٨٩ مللى ميكرون)، كما ينتشر طيفها ليشمل الضوء المرئى (من ٤٠٠ إلى ٧٠٠ مللى ميكرون). ويستمر حتى ٨٥٠ مللى ميكرون. ويعد الإشعاع فى هذا المجال (من ٧٠٠-٨٥٠ مللى ميكرون) ضروريًا لزيادة طول الساق والوزن الطازج، وتبكير الأزهار فى معظم الأنواع النباتية. وتتميز هذه المصابيح بأنها عالية الكفاءة، حيث تحول ٢٥٪

من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى ضوء مرئى (من ٤٠٠-٨٠٠ مللى ميكرون)، وبأنها يمكن أن تستعمل - بكفاءة - لمدة ٢٤ ألف ساعة.

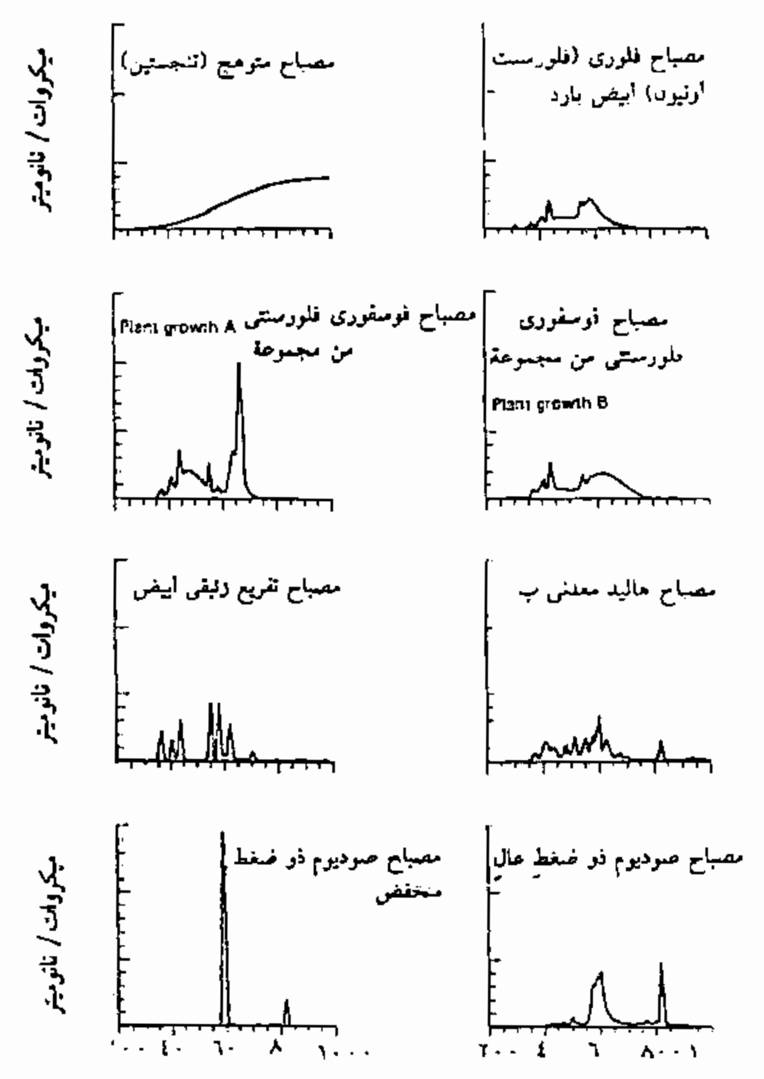
كذلك تتوفر مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض Low-Pressure Sodium Lamps. وهى أكثر المصابيح كفاءة على الإطلاق؛ حيث إنها تحول ٢٧٪ من الطاقة الكهربائية المستعملة إلى طاقة ضوئية مرئية، وتخدم لمدة ١٨ ألف ساعة. ومن مميزاتها - كذلك - إمكان وضعها أقرب إلى النباتات - مقارنة بلمبات الضغط العالى - دون الخشية من ارتفاع حرارة النباتات؛ الأمر الذى يفيد فى زيادة كفاءة استهلاك الكهرباء، وزيادة تجانس الإضاءة.

ولكن يعيب مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض أن معظم طيفها يكون قريبًا من ٥٨٩ مللى ميكرون، مع نسبة قليلة جدًا فى المجال الموجى ٧٠٠-٨٥٠ مللى ميكرون؛ الأمر الذى يؤدى - حال استعمالها منفردة - إلى جعل بعض النباتات - مثل الخس - أبهت لونا. وأصغر حجمًا. ويمكن تجنب هذه المشكلة بجعل نحو ١٠٪ من الإضاءة المتوفرة للنباتات من مصابيح متوهجة (لمبات تنجستين)، أو من الإضاءة الطبيعية.

ويوضح شكل (٣-٢٢) أطوال الموجات الضوئية التى تبثها مختلف أنواع المصابيح التى ورد بيانها (عن Nelson ١٩٨٥)

وإلى جانب الإضاءة الصناعية، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت واتجاهه ومادة الغطاء كل ذلك يساعد على زيادة نفاذية الضوء إلى داخل البيت

كذلك فإن تنظيف أغطية البيوت من الأتربة التى تتراكم عليها خلال فصل الصيف يفيد كثيرًا فى زيادة نفاذيتها لأشعة الشمس عند الحاجة إلى ذلك خلال فصل الشتاء. ويعتبر ذلك الإجراء ضروريًا فى بداية فصل الشتاء فى المناطق الباردة والمعتدلة على حدٍ سواء. وأفضل طريقة للتنظيف هى رش الغطاء أولاً بمحلول ٥٪ من حامض الأوكساليك، ثم غسله بالماء. ويجب تجنب استعمال ماء به نسبة مرتفعة من الجير، حتى لا يترك رواسب على الغطاء



سكل (٣-٢٢). الطيف الصادر عن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية المستعملة فى الزراعات المحمية

الاستعمال التجارى للإضاءة الصناعية

لا تستعمل الإضاءة الصناعية على النطاق التجارى إلا فى المناطق التى تنخفض فيها شدة الإضاءة الطبيعية إلى درجة يضعف معها النمو النباتى؛ حيث تؤدى الإضاءة الصناعية

إلى زيادة النمو النباتي والمحصول ويطبق ذلك على نطاق تجاري في أوروبا شمال خط عرض ٥٠°. وفي أمريكا الشمالية شمال خط عرض ٤٠°

وقد تستعمل الإضاءة الصناعية في هذه المناطق طول موسم النمو، ولكن الأكثر شيوعًا هو استعمالها في المراحل المبكرة من النمو النباتي، وخاصة في المشاتل، حيث تكون النباتات متزاحمة في مساحة محدودة

فمثلا تبدأ الإضاءة لبادرات الطماطم من مرحلة الإنبات، وتستمر لفترة أسبوع واحد إلى ثلاثة أسابيع، بشدة ٥٠٠٠ لكس Lux (٤٦٥ قدم شمعة)، لمدة ١٢ ساعة يوميًا، على ألا تزيد فترة الإضاءة الكلية (الطبيعية والصناعية معًا) على ١٦ ساعة. تجعل هذه المعاملة الشتلات أسرع نموًا، بحيث تصل إلى الحجم المناسب للشتل في وقت قصير نسبيًا.

ووجد أن تعريض نباتات الطماطم الصغيرة لإضاءة شدتها ٥٠، و ١٠٠، و ١٥٠ ميكرومول/ثانية/م^{2} ($\mu mol\ s^{-1}\ m^{-2}$) — بطول موجي يتراوح بين ٤٠٠ مللي ميكرون و ٧٠٠ مللي ميكرون - أدى إلى زيادة المحصول المبكر خلال الأسابيع الثلاثة الأولى من الحصاد بنسبة ١٩٪، و ٣١٪، و ٤٢٪ على التوالي

كما تستعمل مع بادرات الخيار إضاءة صناعية شدتها ٣٠٠٠–٥٠٠٠ لكس Lux (٢٨٠–٤٦٥ قدم شمعة)، ومع الخس إضاءة شدتها ٧٥٠٠ لكس، إلى جانب الإضاءة الطبيعية وقد وجد أن نمو الخس لمدة ١٠ أيام تحت إضاءة صناعية مستمرة شدتها ٥٠٠٠ لكس (٤٦٥ قدم شمعة) يعادل النمو الذي يحدث خلال ستة أسابيع — تحت ظروف الإضاءة الطبيعية — في هذه المناطق.

وقد وجد Blain وآخرون (١٩٨٧) — في كندا — أن زيادة شدة الإضاءة بمقدار ٣٠٠ ميكرومول/ثانية/م^{2} ($300\ \mu m.s^{-1}/m^{-2}$) لمدة ١٨ ساعة يوميًا — بالإضافة إلى الإضاءة الطبيعية - أحدثت زيادة كبيرة في نمو نباتات الخيار ومحصولها

وقد وجد أن زراعات الخس الرومين المحمية تستجيب لزيادة فترة الإضاءة — من ١٦ ساعة إلى ٢٤ ساعة — عند استعمال مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي، وذلك بزيادة

محصول الخس بنسبة ٥٠٪، مقارنة باستعمال المصابيح الفلورية (النيون) عند مستوى شدة الإضاءة نفسه، على الرغم من أن استهلاك الكهرباء كان أقل في النوع الأول بمقدار ٣٦٪، مقارنة بالاستهلاك في النوع الثاني. وكان مرد ذلك إلى زيادة نسبة الأشعة التي تنبعث من مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي من الموجات التي يتراوح طولها بين ٧٠٠ مللي ميكرون و ٨٥٠ مللي ميكرون (Koontz وآخرون ١٩٨٧).

وعلى الرغم من تأكيد جميع الدراسات التي أجريت على الخس في الزراعات المحمية استجابته الكبيرة لزيادة شدة الإضاءة، سواء بزيادة المحصول، أم بقصر فترة الإنتاج .. إلا أن ذلك يكون مصاحبًا — غالبًا — بزيادة في شدة الإصابة باحتراق حواف الأوراق، وهو عيب فسيولوجي ذو علاقة بكل من نقص الكالسيوم ومعدلات النمو العالية التي تحدث في الظروف المثلى للنمو (Gaudreau وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت زيادة شدة الإضاءة لمدة ساعتين قبل شروق الشمس وساعتين أخريين بعد الغروب — في إيطاليا — من لمبات فلورية بقوة ٦٥ وات — إلى تبكير أول زهرة مؤنثة بمقدار ١٥ يومًا في الفاصوليا، و ٩ أيام في كل من الكوسة والخيار، وإلى زيادة المحصول الكلي بنسبة ٦٧٪، و ٢٤٪، و ١٤٪ في المحاصيل الثلاثة على التوالي (Foti وآخرون ١٩٩١)

ويستدل من دراسات Warren-Wilson وآخرين (١٩٩٢) على أن نباتات الخيار والطماطم التي يبلغ طولها نحو مترين تستقبل نحو ٧٦٪ — من أشعة الشمس الساقطة عليها — على الأسطح العلوية للأوراق، بينما يفقد نحو ١٨٪ من الإشعاع في الفراغات التي توجد بين النباتات. ويؤدي وجود بوليثيلين أبيض على سطح التربة إلى عكس الضوء الذي يصل إليه — إلى أعلى — الأمر الذي يجعل الأسطح السفلية للأوراق تستقبل نحو ١٣٪ من الإضاءة التي تستقبلها الأسطح العلوية.

وفي المناطق الشمالية التي تقل فيها فترة وشدة الإضاءة شتاءً — مثل النرويج وفنلندا — والتي يتعين فيها توفير الإضاءة الصناعية لمدة قد تصل إلى ٢٠ ساعة يوميًا .. وجد أن

وضع ٣٥٪ من لمبات الإضاءة بين النموات الخضرية، و ٦٥٪ منها أعلى النموات أدى إلى زيادة محصول ثمار الخيار بنسبة حوالى ٨٪–١١٪ عما فى حالة وضع كل اللمبات أعلى النموات الخضرية (Pettersen Hovi-Pekkanen & Tahvonen وآخرون ٢٠١٠)

وقد وجد أن توفير إضاءة صناعية من لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى بين الحادية عشرة مساء والسابعة صباحًا لمدة ٢٤ يومًا – بالإضافة إلى الإضاءة الطبيعية نهارًا – أدى إلى زيادة النمو النباتى وتركيز الكلوروفيل ومعدل البناء الضوئى فى كل من الخس والطماطم، مع زيادة التأثير بزيادة شدة الإضاءة. وقد ظهرت تلك التأثيرات بدءًا من اليوم الثامن للمعاملة الضوئية. هذا إلا أن الزيادة فى تركيز الكلوروفيل اختفت وعاد مستواه لمستوى الكلوروفيل فى معاملة الكنترول بعد ٨ أيام من وقف الإضاءة الصناعية. وقد تميزت النباتات التى أعطيت المعاملة الضوئية ليلاً بزيادة معدل البناء الضوئى فيها نهارًا كذلك (Fukuda وآخرون ٢٠٠٠).

وقد قورن نمو شتلات الخيار فى ثلاثة ظروف مختلفة للإضاءة كانت كما يلى:

١– تحت لمبات فلورسنتية تشع نسبة عالية من الأشعة الحمراء R إلى الأشعة تحت الحمراء FR (FL_H)، بنسبة R:FR = ٧,٠

٢– تحت لمبات هاليد معدنى metal halide (أو ML) تعطى طيفًا شبيهًا بطيف ضوء الشمس، بنسبة R FR = ١,٢

٣- تحت لمبات فلورسنتية تشع نسبة منخفضة من الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء (FL_L)، بنسبة R FR = ١١

وفى المعاملات الثلاث كانت كثافة شدة الإضاءة النشطة فى البناء الضوئى photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPFD) مقدارها ٣٥٠ ميكرومول/سم^2 فى الثانية

ولقد وجد أن استجابة البناء الضوئى للشتلات تحت الـ FL_H تماثلت مع تلك التى كانت تحت ضوء الشمس، بينما كانت الاستجابة لكل من معاملتى الـ ML والـ FL_L مماثلة لاستجابة أوراق الظل. وقد تميزت شتلات الـ FL_H بزيادة سمك أوراقها وزيادة

محتواها من الكلوروفيل فى وحدة المساحة الورقية عن شتلات الـ ML والـ FL_L. كذلك ازداد البناء الضوئى فى بادرات الـ FL_H عما فى شتلات المعاملتين الأخرتين عندما عرضت لمستويات عالية من الـ PPFD (حتى ١٠٠٠ ميكرومول/سم[٢] فى الثانية)، وربما كان مرد ذلك إلى ما أحدثته تلك المعاملة من تحسن فى معدل انتقال الإليكترونات فى البناء الضوئى، نتيجة لتغيرات فسيولوجية ومورفولوجية حدثت استجابة للضوء العالى فى نسبة R : FR (Shibuya وآخرون ٢٠١٠).

وأدى تعريض شتلات الخس للضوء الأزرق (١٠٠ ميكرومول/م[٢] فى الثانية من لمبات diode مشعة للضوء الأزرق) لمدة أسبوع إلى تحسين نمو نباتات الخس بعد الشتل،وكان مرد ذلك إلى ما أحدثته المعاملة من زيادة فى الكتلة البيولوجية لكل من الجذور والنموات الهوائية. ومن زيادة فى المحتوى الكلوروفيلى الكلى، وفى نشاط مضادات الأكسدة (البولى فينولات والكاروتينات) فى شتلات الخس. إضافة إلى أن نمو الشتلات المعاملة كان أكثر اندماجا. وكان ذلك مفيدًا فى عملية الشتل (Johkan وآخرون ٢٠١٠).

التحكم فى الفترة الضوئية

يعتبر التحكم فى الفترة الضوئية بالزيادة أو بالنقصان إحدى المعاملات الزراعية الروتينية فى الإنتاج التجارى لبعض نباتات الزهور؛ بغية التحكم فى موعد إزهارها. أما فى محاصيل الخضر، فليس لذلك الأمر أهمية تذكر إلا فى الحالات التالية:

١- فى البيوت المحمية المخصصة لأغراض البحوث كالدراسات الخاصة بالتأقت الضوئى.

٢- فى المناطق الشمالية شتاءً عندما تكون الفترة الضوئية أقصر مما يلزم للنمو النباتى الجيد

هذا ويتم تقصير الفترة الضوئية بسواتر من القماش الأسود تثبت على حوامل خاصة أعلى النباتات؛ لتمنع وصول الضوء إليها بعد عدد معين من ساعات النهار. وتحرك هذه السواتر يدويًا أو آليًا فى الوقت المحدد يوميًا.

ويفضل استعمال ستائر ذات سطح خارجى عاكس للضوء، حتى لا تتجمع الحرارة تحتها، الأمر الذى قد يسبب أضرارا للنباتات. ويمكن الحد من هذه المشكلة بسحب الستارة من السابعة مساء وليس قبل ذلك.

أما زيادة طول الفترة الضوئية فإنها تتم بالإضاءة الصناعية. وإذا كان الهدف من وراء ذلك هو تحسين ظروف النمو فى المناطق الشمالية شتاءً (حيث يكون النهار فيها قصيرًا للغاية)، فإن المصابيح تتم إضاءتها لعدة ساعات يوميًا ابتداءً من قبل الغروب بنحو ساعة أو ساعتين. أما إذا كان الهدف من زيادة طول الفترة الضوئية هو تحفيز نباتات النهار الطويل (أو نباتات الليل القصير) على الإزهار فإن ذلك يتم بتوفير الإضاءة الصناعية — لفترة قصيرة — فى منتصف فترة الظلام، حيث تتحول صبغة الفيتوكروم Phytochrome Pigment — التى تتراكم فى النباتات أثناء الظلام — سريعًا — إلى الصورة Pfr — بمجرد تعرض النباتات للضوء، الأمر الذى يحفز نباتات النهار الطويل على الإزهار.

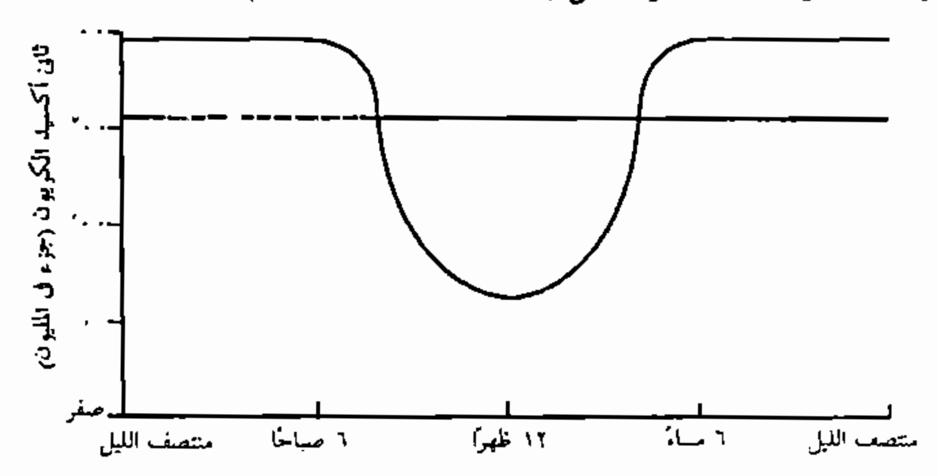
وتستعمل المصابيح المتوهجة (التنجستين) فى كسر فترة الظلام الطويلة؛ لأن نسبة كبيرة من الضوء الذى ينبعث منها يكون فى منطقة الضوء الأحمر المطلوب للصبغة Pr. كما يتم إحداث التأثير المطلوب بشدة إضاءة منخفضة للغاية لا تتعدى ١١–٢٢ لكس (١–٢ قدم شمعه) فى معظم النباتات. ولكن تستعمل — عادة — إضاءة شدتها ١٠٨ لكس (١٠ قدم شمعة). كما ينبغى وصول الضوء إلى الأوراق المكتملة النمو؛ لتأمين إحداث التأثير المطلوب.

ويمكن جعل صبغة الفيتوكروم فى الصورة Pfr — دائمًا — بتوفير وميض من الضوء — بشدة ١٠٨ لكس (١٠ قدم شمعة) — لمدة ثانية واحدة كل خمس ثوان. وعلى الرغم من أن ذلك يوفر فى الطاقة الكهربائية المستهلكة، إلا أنه يزيد من التكلفة الإنشائية لاحتياج هذا النظام إلى مفتاح تشغيل ذى قدرة كبيرة على التحمل.

التحكم فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية

تستهلك النباتات غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى. فإذا ظلت

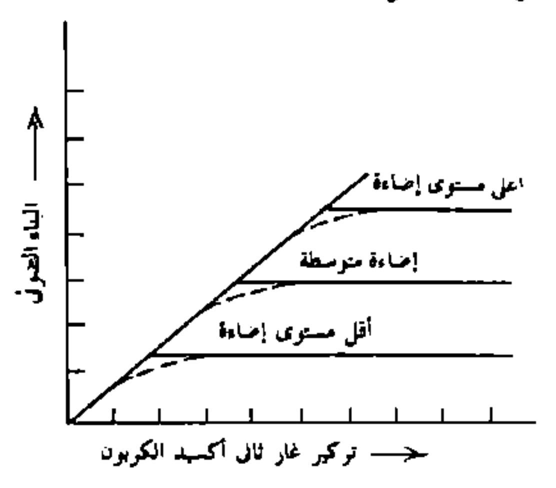
البيوت المحمية مغلقة لفترة طويلة – كما هى الحال فى المناطق الباردة خلال فصل الشتاء – فإن تركيز الغاز ينخفض إلى معدلات شديدة الانخفاض يقل معها معدل البناء بدرجة كبيرة. وقد أثبتت عديد من الدراسات أن نسبة الغاز تنخفض حول النموات النباتية النشطة في البيوت المحمية أثناء النهار، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة (شكل ٣-٢٣). ويصاحب ذلك نقص فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزءًا فى المليون (٠,٠١٦٪). وعلى العكس من ذلك .. فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (أى من التركيز الطبيعى ٠,٠٣٣٥٪ إلى ٠,١٪) وقد تصل الزيادة فى البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب للنمو النباتى (عن Slack & Hand ١٩٨٥).



شكل (٣-٢٣): التغيرات فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية المغلقة (الخط البيانى المتصل)، مقارنة بنسبة الغاز فى الهواء الطلق (الخط المتقطع) (عن Ball ١٩٨٥).

ويخضع تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على معدل البناء الضوئى لقانون العامل المحدد Principle of the limiting factor كما هو مبين فى شكل (٣-٢٤). فتؤدى زيادة تركيز الغاز إلى زيادة معدل البناء الضوئى إلى أن يصبح مستوى الإضاءة عاملاً محددًا؛ فتتوقف الزيادة فى معدل البناء الضوئى. ومع زيادة مستوى الإضاءة

تستمر الزيادة في معدل البناء الضوئي مع زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون، حتى يصبح الضوء عاملا محددا مرة ثانية .. وهكذا.

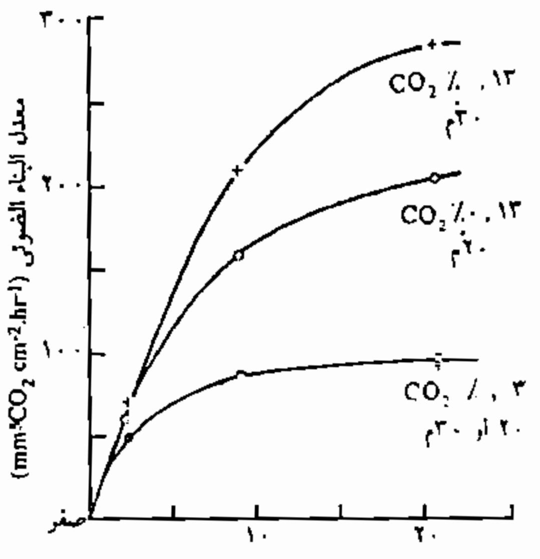


شكل (٣-٢٤): تأثير شدة الإضاءة على الزيادة التي تحدث في معدل البناء الضوئي عند زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون (نظرية العامل المحدد).

ولقد ازداد معدل البناء الضوئي في نباتات الخس بالمزارع الهوائية (وهي التي تبقى فيها الجذور في الهواء، مع تعرضها لرذاذ دقيق من المحلول المغذى)، وازداد فيها توصيل الثغور بارتفاع حرارة الهواء من ٢٢/٢٨°م (نهار/ليل) إلى ٣٠/٣٦°م، وتراكم بالنباتات قدرًا أكبر من المواد الغذائية المجهزة في الحرارة العالية. كذلك وجد في شدة إضاءة بناء ضوئي PAR ≤ ٦٠٠ ميكرومول/م^{2} في الثانية أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون حول الجذور من التركيز الطبيعي ٣٦٠ جزءًا في المليون إلى ٢٠٠٠ أو ١٠٠٠٠ أو ٥٠٠٠٠ جزءًا في المليون أحدثت زيادة جوهرية في معدل البناء الضوئي وانخفاضًا في درجة توصيل الثغور. وفي التركيزات العالية من ثاني أكسيد الكربون حول الجذور كانت الزيادة في الكتلة الحيوية أعلى في الجذور عما في النموات الخضرية، الأمر الذي قلل من نسبة النموات الخضرية إلى الجذور (He وآخرون ٢٠١٠).

ويبين شكل (٣-٢٥) كيف يتفاعل كل من تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وشدة

الإضاءة ودرجة الحرارة فى التأثير على معدل البناء الضوئى فى الخيار، حيث نجد فى جميع المنحنيات بالشكل أن معدل البناء الضوئى يزداد تدريجيًا بزيادة شدة الإضاءة لكن الزيادة تظل محدودة فى التركيز المنخفض للغاز أيًا كانت درجة الحرارة. ومع زيادة تركيز الغاز يزداد معدل البناء الضوئى، لكن هذه الزيادة تكون أكبر فى درجة الحرارة المرتفعة (٣٠°م) منها فى درجة الحرارة المنخفضة (٢٠°م) (عن Mastalerz ١٩٧٧):



شكل (٣–٢٥): تداخل درجة الحرارة مع شدة الإضاءة فى التأثير على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى فى الخيار عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون.

وتتوقف الزيادة فى النمو – عند زيادة تركيز الغاز – على المحصول المزروع، وحالته، وعمره، والظروف البيئية الأخرى. فقد أوضحت عديد من الدراسات استجابة الطماطم والخيار والخس لهذه المعاملة. وعمومًا .. تكون الاستجابة كبيرة عندما يكون المحصول المزروع بحالة جيدة، خاصة فى المراحل المبكرة من النمو، وعندما تكون الإضاءة جيدة والحرارة مناسبة، مع الاهتمام بالتسميد.

وعند التعذية بغاز ثاني أكسيد الكربون تتعين زيادة تركيز العناصر المغذية قليلاً لكي تكون الاستفادة كاملة من الزيادة التي تحدث في معدل البناء الضوئي جراء الزيادة في تركيز الغاز وتجدر ملاحظة أن زيادة تركيز الغاز تُحدث انغلاقا جزئيًا للثغور، الأمر الذي يؤثر في معدل النتح، ومن ثم معدل امتصاص عنصري الكالسيوم والبورون، مما يتطلب زيادة تركيز هذين العنصرين خاصة.

هذا ولا توجد أية خطورة على الإنسان من جراء زيادة تركيز الغاز في البيوت المحمية حتى التركيز المناسب الذي يتراوح — عادة — بين ١٠٠٠ و ١٥٠٠ جزء في المليون، لأن الإنسان يتحمل زيادة تركيز الغاز حتى ٥٠٠٠ جزء في المليون، ولكن زيادته لأكثر من ذلك تؤدي إلى الاختناق، لعدم قدرة الرئتين على أداء وظيفتهما بكفاءة تحت هذه الظروف.

مصادر غاز ثاني أكسيد الكربون المستخدم في البيوت المحمية

إن من أهم مصادر غاز ثاني أكسيد الكربون المستخدم في البيوت المحمية ما يلي:

١– بعض أنواع المحروقات، مثل الكيروسين، والبارفين Paraffin، وغاز البروبان Propane. والغاز الطبيعي حيث يؤدي احتراقها في مواقد خاصة إلى إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون. لكن يجب أن تكون هذه المحروقات على درجة عالية من النقاوة، نظرًا لأن الكبريت الموجود بها قد يتحول إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي يذوب في الماء بسهولة، ثم يتحول إلى حامض كبريتوز، ثم إلى حامض كبريتيك، مما يؤدي إلى احتراق أوراق النبات. ولذا يجب ألاّ يزيد محتوى الوقود من الكبريت عن ٠,٠٢٪ بالوزن. ويتم التحكم في تركيز الغاز في الصوبة بالتحكم في معدل الاحتراق، أو في كمية المحروقات المستعملة.

كما يجب أن يكون الاحتراق تامًا، لأن الاحتراق غير التام يتبعه إنتاج غازات الإثيلين، وأول أكسيد الكربون، وكلاهما ضار بالنباتات، والثاني سام للإنسان، ولهذا تستخدم مواقد خاصة لإنتاج الغاز. وعند تشغيلها تجب معايرتها باستمرار لتعطي دائمًا لهبًا صافيا، مع توفير أكسجين كافٍ لتمام احتراق الوقود.

وينتج عن احتراق الوقود انطلاق بخار الماء ويقدر ذلك بنحو ١,٤ كجم من بخار الماء لكل متر مكعب من الغاز الطبيعى المحترق. وتقل كمية بخار الماء المنطلقة عن ذلك قليلاً فى حالة احتراق البروبان.

ويُحرق الغاز الطبيعى والبروبان والوقود السائل فى مولدات خاصة لثانى أكسيد الكربون توزع داخل الصوبة، ومن المهم جدًا أن يكون احتراق الوقود كاملاً.

٢- ينتج الغاز أيضًا بتسامى غاز ثانى أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف) بوضعه فى أسطوانات خاصة تعلق فى أماكن متفرقة من البيت؛ ويتم التحكم فى معدل انطلاق الغاز منها باستعمال عداد خاص لتدفق الغاز. أو باستعمال منظم.

٣- كما ينتج الغاز بتبخير ثانى أكسيد الكربون السائل - والمضغوط فى أنابيب خاصة - من خلال أنابيب بوليثيلين مثقبة، كتلك المستعملة فى تهوية البيوت.

ولقد أصبح من المفضل استخدام ثانى أكسيد الكربون السائل على الرغم من أنه أكثر تكلفة. ومن أهم مزاياه نقاوته، وعدم وجود أى خطر من استعماله بخصوص الإضرار بالنباتات أو إنتاج بخار الماء، كما يتميز استعماله بسهولة التحكم فى معدلات إطلاقه.

٤- يمكن - كذلك - أن يتوفر ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية من السبلة الحيوانية والمخلفات العضوية الأخرى مثل القش، التى ينطلق الغاز منها عند تحللها، ولكن ذلك التحلل يتوقف على مدى نشاط الكائنات الدقيقة التى تقوم به؛ الأمر الذى يتوقف - بدوره على توفر الحرارة والرطوبة المناسبتين. وجدير بالذكر أن إنتاج ثانى أكسيد الكربون من المواد العضوية المتحللة لا يكون جوهريًا إلاّ خلال الشهر الأول من إضافته للتربة (Quarrell & Ace ١٩٧٥، و Blom وآخرون ٢٠٠٣).

وإلى جانب المصادر التى سبق بيانها، فإن تهوية البيوت المحمية تفيد فى المحافظة على التركيز الطبيعى للغاز فى هواء البيت، ويجب ألاّ تتأخر التهوية لأكثر من ساعتين بعد شروق الشمس.

حسابا احتياجات البيوت من غاز ثانى أكسيد الكربون

العوامل المؤثرة على احتياجات البيوت من الغاز

تتأثر احتياجات البيوت المحمية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالعوامل التالية

١- السرعة التى يتغير بها هواء البيت

يتغير هواء البيت باستمرار، حتى لو كان محكم الإغلاق وفى غير فترات التهوية. وذلك بسبب وجود منافذ وشقوق يتسرب منها الهواء للخارج.وتختلف سرعة تغيير الهواء حسب نوع البيت فالبيوت الزجاجية المعتنى بها يتغير فيها ربع إلى ضعفى هواء البيت كل ساعة بصورة طبيعية وبدون تهوية، ويتوقف ذلك على سرعة الهواء فى الجو الخارجى. وفى المتوسط يتغير هواء البيت مرة كل ساعة وبالمقارنة فإن هواء البيوت البلاستيكية المحكمة الإغلاق يتغير بمعدل نصف إلى ثلثى مره فى الساعة

٢ طريقة إضافة الغاز

تكون حرارة الغاز المضاف فى صورة نقية مساوية تقريبًا لحرارة البيت أو أقل قليلاً، فيبقى فى المنطقة المحيطة بالنباتات، خاصة أن الغاز يضاف — عادة — من خلال ثقوب دقيقة فى أنبوبة بلاستيكية تمتد بجانب النباتات، أما الغاز الناتج من احتراق الوقود، فإن حرارته تكون أعلى بكثير من حرارة الهواء داخل البيت (خاصة عندما تقع أجهزة حرق الوقود داخل البيت) ويؤدى ذلك إلى خفة وزنه وتصاعده لأعلى بسرعة، حيث يتراكم فى قمة البيت قريبًا من فتحات التهوية، مما يزيد من فرصة فقده إلى خارج البيت، خاصة عندما لا تكون فتحات التهوية محكمة الإغلاق.

٣- سرعة استنفاذ النباتات للغاز:

تتوقف سرعة استهلاك النباتات للغاز على حجم النمو النباتى، ودرجة الحرارة، وشدة الاضاءة وتتراوح الكمية المفقودة — عادة — بين صفر و ٧٥ كجم من الغاز/فدان/ساعة ويحدث أقصى استهلاك للغاز عندما يكون النمو النباتى مغطيًا للمساحة المزروعة تمامًا، مع توفر إضاءة قوية

٤- تنفس الكائنات الدقيقة، وتحلل المادة العضوية:

يؤدى تنفس الكائنات الدقيقة فى التربة وتحلل المادة العضوية التى توجد بها إلى إنتاج كميات محسوسة من الغاز تتصاعد إلى جوانب البيت. وتزداد هذه الكميات المنتجة طبيعيًا بصورة جوهرية عند استعمال بالات القش المضغوط فى الزراعة؛ فيزيد تركيز الغاز بعد الزراعة بفترة قصيرة إلى ٠٧ ٠٪-٠,١٪، ثم تنخفض النسبة لتستقر بعد عدة شهور عند حوالى ٠٤ ٠٪

حساب كمية الغاز اللازمة

كقاعدة يمكن الاعتماد عليها فى حساب الحاجة لإضافة ثانى أكسيد الكربون (من أنابيب الغاز السائل) من عدمه، فإن المحصول النامى جيدًا يستهلك فى الإضاءة الجيدة حوالى ٠,٥ رطل من ثانى أكسيد الكربون فى الساعة لكل ١٠٠٠ قدم مربع من سطح أرضية البيت المحمى (١/٤ كجم لكل ١٠٠م^{2} فى الساعة).

إن البيوت المحمية التى يبلغ ارتفاعها ٢,٤م يكون حجمها حوالى ٢٤٠م^{3}/١٠٠م^{2} من سطح التربة فيها. ولزيادة مستوى ثانى أكسيد الكربون فيها من ٣٠٠ إلى ١٣٠٠ جزء فى المليون تلزم إضافة حوالى ١ ٠٪ (١٠٠٠ جزء فى المليون)، ويتطلب ذلك ٠,٤م^{3} أو ٠,٧٥ كجم من ثانى أكسيد الكربون لكل ١٠٠م^{2} من سطح التربة بالصوبة. تجب إضافة تلك الكمية قبل شروق الشمس بنحو ساعة لأن نشاط البناء الضوئى يكون أعلى ما يمكن فى الصباح المبكر. ولدى الوصول إلى تركيز ١٣٠٠ جزء فى المليون تجب المحافظة عليه.

ونظرًا لاستمرار تجدد هواء الصوبة بمقدار تغيير كامل واحد كل ساعة، فإن ذلك يخفف من تركيز الغاز، وللمحافظة على تركيز ١٣٠٠ جزء فى المليون تجب إضافة ٠,٣٧ كجم من الغاز فى الساعة لكل ١٠٠م^{2} من أرض الصوبة.

وتستهلك النباتات فى عملية البناء الضوئى غاز ثانى أكسيد الكربون بمعدل ٠,١٢-٠٢٤ ٠ كجم فى الساعة لكل ١٠٠م٢ من أرض الصوبة، ويكون المعدل العالى فى الجو الصحو ومع النمو المحصولى الكامل.

وعند الجمع بين معاملتين (تبادل الهواء من خارج الصوبة وداخلها، واستهلاك ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى) فإنه يلزم حوالى ٠,٥-٠,٦ كجم من ثانى أكسيد الكربون فى الساعة لكل ١٠٠م٢ من أرضية الصوبة للمحافظة على تركيز ١٣٠٠ جزء فى المليون

ويتعين التوقف عن إطلاق الغاز قبل الغروب بنحو ساعة، إلا إذا توفرت إضاءة صناعية ليلا (Blom وآخرون ٢٠٠٣)

وجدير بالذكر أن كمية المحروقات التى تلزم لإنتاج ١٥ كجم من غاز ثانى أكسيد الكربون تقدر بنحو ½ كجم من البروبان، أو ½ كجم من البارافين paraffin، أو ٢٣ ٠ therms من الغاز الطبيعى (Allen ١٩٧٣)

كما إن

١ كجم من ثانى أكسيد الكربون = ٥٧٠ لتر من الغاز.

١ م٣ من الغاز الطبيعى ينتج حوالى ١,٨ كجم (١٠٠٠ لتر) من ثانى أكسيد الكربون عند احتراقه + ١٤ لتر من الماء

١ م٣ من الغاز الطبيعى = ٧٥ ٠ لتر من الكيروسين = ١,٠ لتر من البروبان فيما يتعلق بكمية غاز ثانى أكسيد الكربون المنتجة

ومن الأمور التى تجب مراعاتها بشأن إطلاق الغاز، ما يلى:

١- لا يطلق الغاز إلا نهارا لكى يمكن الاستفادة منه فى عملية البناء الضوئى

٢- تزداد الفائدة من إطلاق الغاز عندما تكون الصوبة مغلقة.

٣- لا توجد جدوى من محاولة زيادة تركيز الغاز فى جو الصوبة فى الوقت الذى تعمل فيه مراوح التهوية

٤- إن أنسب وقت لضخ الغاز هو فى الجو البارد الصحو

يلزم توفر الأجهزة الخاصة بتقدير تركيز الغاز بدقة فى جو البيت، وأبسطها هى الأجهزة التى تعتمد فى عملها على تغير لون مركب كيمائى حساس للغاز بدرجة تعتمد

على تركيز الغاز. وبذلك يمكن تقدير التركيز من اللون المشاهد. كما تتوفر أجهزة قياس دقيقة. ولكنها مرتفعة الثمن

ويفضل دائمًا وضع جهاز الإحساس بثانى أكسيد الكربون بين النمو النباتى على مسافة نحو ½ ارتفاع النمو من الأرض. كما يتعين حقن ثانى أكسيد الكربون بين النموات النباتية كذلك، وليس فى الهواء الذى يعلو تلك النموات. ومن الأهمية بمكان ألاّ يوضع جهاز الإحساس بالغاز قريبًا من أماكن إطلاقه. ويكفى — عادة — جهاز واحد للإحساس بالغاز لكل صوبة.

ولمزيد من التفاصيل عن استخدامات غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية براجع المؤلف الخاص بذلك للجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين (Amer. Soc. Agr Eng ١٩٨٠)

الحالات التى لا تجدى فيها التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

لا تفيد التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون إلاّ فى المناطق الباردة، حيث تظل البيوت المحمية محكمة الإغلاق للمحافظة على درجة الحرارة بها، مما يؤدى إلى استهلاك الغاز فى عملية البناء الضوئى. ويعتبر خط عرض ٣٥°م (شمال أو جنوب خط الاستواء) هو الحد الفاصل بين المناطق التى يمكن فيها التغذية بالغاز، وتلك التى لا تناسبها إضافة الغاز، ففى خطوط العرض الأقل من ذلك، ترتفع درجة الحرارة داخل البيوت المحمية شتاءً إلى الحد الذى يتطلب تهويتها، مما يستحيل معه زيادة تركيز الغاز.

كذلك فإن إضافة الغاز لا تجدى إلا خلال ساعات النهار، حتى يمكن الاستفادة منه فى عملية البناء الضوئى.

ولا تكون الإضافة مجدية — عادة — إلا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة من أكتوبر حتى مايو. وتزيد الاستفادة من إضافة الغاز عند الاهتمام بالإضاءة ورفع درجة الحرارة (Nelson ١٩٨٥)

هذا إلا أن دراسات أجريت فى هذا الشأن (Ioslovich وآخرون ١٩٩٥) أفادت إمكانية تبادل التهوية مع التغدية بغاز ثانى أكسيد الكربون على فترات بالتناوب، وذلك بجرى التهوية كلما ارتفعت درجة الحرارة. ثم إطلاق الغاز عندما تتوقف التهوية

مشاكل التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

إن أهم مشاكل التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ما يلى

١- حالات التسمم للإنسان التى تنشأ عند زيادة تركيز الغاز عن ٥٠٠٠ جزء فى المليون. ولكن النباتات لا تستجيب لأية زيادة فى تركيز الغاز عن ٢٠٠٠ جزء فى المليون، ولا تجب زيادة تركيز الغاز عن ذلك. وأهم أعراض تسمم الإنسان بالغاز الإصابة بالدوار والدوخة وعدم القدرة على التركيز.

٢- زيادة الرطوبة النسبية بدرجة كبيرة عند استعمال المحروقات فى زيادة تركيز الغاز

٣- سبب التركيزات الأعلى من الموصى بها للغاز تحللات فى الأوراق القديمة بكل من الطماطم والخيار وقد أوضحت دراسات Schwarz (١٩٩٣) أن أعراض التسمم بغاز ثانى أكسيد الكربون ظهرت على ٧ أنواع نباتية بعد ٦ أيام من تعريضها لتركيز ١٠٠٠٠ جزء فى المليون من الغاز. وقد تضمنت الدراسة كلا من: الفاصوليا، والطماطم، والخس، والفجل. وفول الصويا، والقمح، والذرة. تميزت أعراض التسمم بظهور درجات مختلفة من الاصفرار بالأوراق، وتأخر فى النمو والتطور الطبيعيين للنباتات، وظهرت على أوراق الذرة خطوط واضحة مميزة أما الجذور فلم يُحْدِثْ تعريضهُا لهذا التركيز المرتفع من الغاز أية أعراض ملحوظة على النباتات

وكثيرا ما تُظهر نباتات الفلفل التى تنمو فى تركيز عالٍ من ثانى أكسيد الكربون التفافًا بالأوراق واصفرارا. وتتفاوت شدة تلك الأعراض بين الأصناف، وربما تعود هذه الأعراض إلى تراكم المواد الكربوهيدراتية المجهزة بالأوراق (Aloni & Karni ٢٠٠٢)

ولا تقتصر هذه الأعراض على الفلفل، إذ إن أوراق عديد من الأنواع النباتية تصبح صفراء، ومشوهة، وملتفة، وسهلة التقصف في وجود تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون لفترات طويلة، ويرجع ذلك إلى تنشيط تراكم المواد الكربوهيدراتية فى الأوراق لآلية التثبيط الاسترجاعى feedback inhibition، الأمر الذى يؤدى إلى تثبيط عملية البناء الضوئى (عن Aloni & Karni ٢٠٠٢)

٤- يمكن للإثيلين عند تركيز ٠,٠٥ جزءًا فى المليون والبروبلين عند تركيزات أعلى أن يُحدث شيخوخة مبكرة لنباتات الطماطم والخيار. وينتج الإثيلين – عادة – عندما يكون الاحتراق غير كامل، بينما قد يتسرب البروبلين عند استعمال البروبان.

٥- يؤدى الاحتراق غير التام للمحروقات إلى إنتاج غاز أول أكسيد الكربون، وهو غاز سام للإنسان وعديم اللون والرائحة.

٦- عند ازدياد حرارة اللهب قد تتكون أكاسيد النيتروجين nitrous oxides، وهى التى تتسبب فى ضعف النمو وحدوث تحللات.

٧- عند تواجد ثانى أكسيد الكربون مع أكاسيد النيتروجين يمكن أن تزداد الأضرار على النبات عما يكون عليه الحال عند تواجد أى منهما منفردًا.

٨- قد تتسرب المحروقات الغازية – ذاتها – إلى هواء البيت (Blom وآخرون ٢٠٠٣).

الاستجابة للتغذية بثانى أكسيد الكربون فى محاصيل الزراعات المحمية

يزداد معدل البناء الضوئى فى معظم محاصيل البيوت المحمية بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة من ٣٤٠ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون، وغالبًا ما تكون تلك الزيادة فى معدل البناء الضوئى – عند أى مستوى من الإشعاع النشط فى البناء الضوئى – حوالى ٥٠٪، وقد تكون هذه النسبة من الزيادة اقتصادية فى بعض المحاصيل فى حالة المستويات المنخفضة من الإضاءة.

هذا ويتأثر انتقال غاز ثانى أكسيد الكربون من الهواء الخارجى إلى داخل أنسجة الورقة (الذى يحدث من خلال الثغور) بتركيز الغاز فى الهواء (حيث يزداد الانتقال بزيادة التركيز)، وبمدى انفتاح الثغور، وهو الأمر الذى يتأثر بكل من مستوى الإضاءة، وحرارة الأوراق والهواء، والرطوبة النسبية، والشدّ الرطوبى، وتركيز ثانى أكسيد الكربون والأكسجين فى كل من الهواء والأوراق.

ويقدر تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء بنحو ٣٤٠ جزءًا فى المليون، وهو مستوى تنمو عنده جميع النباتات جيدًا، ولكن مع زيادة مستوى الغاز إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون يزداد معدل البناء الضوئى كذلك، بما يعنى توفر مزيد من السكريات والمواد الكربوهيدراتية للنمو النباتى. ويحدث الأمر العكسى، فينخفض معدل البناء الضوئى عند انخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون من ٣٤٠ إلى ٢٠٠ جزء فى المليون، وهو الأمر الذى يمكن أن يحدث فى البيوت المحمية المحكمة الإغلاق. وعلى الرغم من أن التهوية شتاءً قد تسمح بزيادة تركيز الغاز مرة أخرى، إلا أنها لا تكفى – وحدها – لوصول الغاز إلى تركيزه الطبيعى وهو ٣٤٠ جزءًا فى المليون، وتكون التغذية بثانى أكسيد الكربون هى السبيل الوحيد لزيادة تركيز الغاز.

ويختلف المستوى الذى يجب أن يصل إليه تركيز الغاز باختلاف المحصول، وشدة الإضاءة، ودرجة الحرارة، والتهوية، ومرحلة النمو النباتى، واقتصاديات المحصول. وفى معظم المحاصيل تكون نقطة التشبع بالغاز حوالى ١٠٠٠–١٣٠٠ جزء فى المليون فى الظروف المثالية ويوصى بمستوى منخفض عن ذلك (٨٠٠–١٠٠٠ جزء فى المليون) لإنتاج الشتلات (مثل شتلات الطماطم والفلفل والخيار)، وكذلك لإنتاج الخس، كما يوصى بتركيز أقل من ذلك (٥٠٠–٨٠٠ جزء فى المليون) عند إنتاج بعض أصناف الجربارة gerbera، والبنفسج الأفريقى African violets. هذا وتؤدى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى تقصير موسم النمو بنحو ٥٪–١٠٪، وكذلك إلى تحسين نوعية المحصول وكميته، وزيادة حجم الأوراق وسمكها (Blom وآخرون ٢٠٠٣)

ويمكن تقسيم الخضروات (والنباتات عمومًا) إلى مجموعتين رئيسيتين حسب كفاءتها في استخدام ثاني أكسيد الكربون، وهما:

١– النباتات الـ C-4، مثل الذرة والذرة السكرية والطماطم، وهذه تبلغ أقصى كفاءة لها في البناء الضوئي ٥٠–٩٠ مجم من ثاني أكسيد الكربون المثبت لكل ديسيمتر مربع (١٠٠سم٢) من سطح الأوراق في الساعة

٢– النباتات الـ C-3، مثل الفاصوليا، والبسلة، والبطاطس، والسبانخ، وتلك تبلغ أقصى كفاءة لها في البناء الضوئي ٢٠–٥٠ مجم من ثاني أكسيد الكربون لكل ديسيمتر مربع من سطح الورقة في الساعة.

وبينما تستجيب النباتات لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء بزيادة معدل البناء الضوئي، فإن تلك الاستجابة تنخفض بعد أسابيع، أو أيام،أو حتى بعد ساعات أحيانًا وقد أُرجعت تلك الظاهرة إلى انتقال الغذاء المجهز الذى يتوقف بسبب تثبيط أماكن لتخزين لاستقبال المزيد منه، فيما يُعرف باسم sink limitation-induced feed-back inhibition

كما أدت زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون لفترة طويلة إلى توقف استجابة نمو ثمار الكنتالوب لتلك الزيادة، الأمر الذى أمكن معادلته بالتدفئة ليلاً، وقد أُرجع ذلك التوقف إلى تراكم الكربون غير البنائي في أنسجة الأوراق (Kenig & Kramer ٢٠٠٠).

ولقد وجد أن النباتات المعرضة لشدٍّ ملحي تُظهر استجابة أكبر لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون عن النباتات غير المعرضة لمثل هذا الشدّ. وربما يكون مرد ذلك إلى أن النباتات المعرضة للشدّ الملحي تكون – ابتداءً – عالية في معدل التنفس (استجابة لزيادة الطلب على الطاقة) ومنخفضة في معدل البناء الضوئي؛ بما يعني حاجتها لمزيد من الغذاء المجهز، الذى لا يجد فرصة للتراكم في الأوراق (عن Li وآخرين ١٩٩٩)

ويُستفاد – عادة – من زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون كبديل للإضاءة الإضافية في الصوبات، نظرًا لانخفاض تكلفته النسبية، إلا أن استعماله لا يكون اقتصاديًا في

الصوبات خلال الفترات التي تزداد فيها الحاجة للتهوية (Ferentinos وآخرون ٢٠٠٠)

قد يمكن اللجوء إلى التغذية بثاني أكسيد الكربون في البيوت المحمية في المناطق الشمالية الباردة كوسيلة لتقصير فترة نمو الشتلات، وزيادة قوة نموها، وربما تحسين النمو للنباتي بعد الشتل في الحقل المكشوف خلال شهور الربيع. ففي تلك المناطق تقل - بشدة - الحاجة إلى تهوية الصوبات فيما عدا في الأيام الحارة المشمسة. وتستفيد نباتات الشتلات الصغيرة ذات الأنسجة الغضة السريعة النمو من أي تغذية إضافية بثاني أكسيد الكربون. هذا... إلا إنه مع نضج واكتمال نمو الأوراق الأولى في التكوين للشتلات فإن تركيز النشا بها يؤدي إلى بطء كلا من معدل البناء الضوئي ومعدل النمو النسبي

ولقد وجد أن الإضاءة الإضافية في تلك المناطق الشمالية تكون أكثر كفاءة من التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون في إنتاج الشتلات، فهي يمكن أن تسرع من عمر الشتلات وتزيد من جودتها. وتجعل من الممكن التخطيط للزراعات التتالية بصورة أفضل. هذا... إلا أن تأثير تلك المعاملة — وكذلك معاملة التغذية بثاني أكسيد الكربون على محصول الشتلات بعد الشتل في الحقل المكشوف يعد شبه معدوم أو غير منتظم.

وتستفيد الشتلات من زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون والإضاءة الإضافية بالزيادة في قوة نموها. وفي أوزانها وسمك أوراقها، كما ينخفض فيها معدل النتح (Tremblay & Gosselin ١٩٩٨)

وقد أوضحت دراسات Tremblay وآخرون (١٩٨٧)أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون —عند إنتاج شتلات الكرفس في البيوت المحمية — أدت إلى زيادة مساحة الأوراق والوزن الجاف لكل من النموين الخضري والجذري، ولكن لم تكن للمعاملة أية تأثيرات جوهرية على مقاييس النمو عند الحصاد.

وتتشابه كثير من النباتات في استجابتها لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون من ٣٥٠

إلى ١٠٠٠ جزء في المليون خلال المراحل المبكرة من نموها، ولكن استمرار تلك الاستجابة فيما بعد يتأثر بمدى توفر أعضاء التخزين، ولا يهم موقع تلك الأعضاء (الأجزاء التكاثرية، أم الجذور، أم السيقان) بقدر ما يهم حجم تلك الأعضاء وقدرتها على استيعاب الزيادة في الغذاء المجهز (Reekie وآخرون ١٩٩٨).

وقد درست الاستجابة للتغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون في عدد من محاصيل الخضر، ومن أمثلة تلك المحاصيل ما يلي:

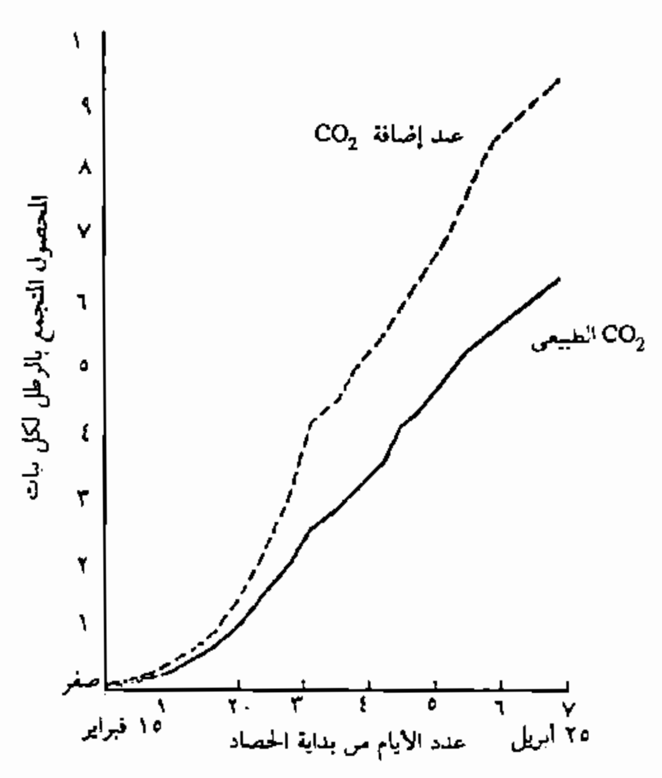
١- الطماطم:

وجد في دراسة أجريت على الطماطم في البيوت المحمية أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٢٠٠ جزء في المليون أدت إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١٥٪، والمحصول الكلي بنسبة ٨٪ (Hand & Soffe ١٩٧١). كما أوضح Knecht O'Leary (١٩٧٤) أن زيادة تركيز الغاز من ٤٠٠ إلى ٨٠٠ جزء في المليون أحدثت زيادة جوهرية في المحصول وحجم الثمار. كذلك وجد أن زيادة تركيز الغاز لمدة ٦½ ساعة يوميًا أدت إلى التبكير في النضج، وزيادة وزن الثمرة، وزيادة المحصول الكلي بنسبة ٣٥٪، وذلك بالمقارنة بزيادة قدرها ٣١٪ و ٢٤٪ في محصولي الفلفل والباذنجان على التوالي. ويبين شكل (٣-٢٦) تأثير المعاملة بالغاز على محصول الطماطم (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩).

وقد أوضحت دراسات Nilsen وآخرون (١٩٨٣) أن الإضاءة العالية ليست ضرورية في الطماطم لكي تحدث استجابة جيدة لزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون؛ فقد ازداد معدل البناء الضوئي جوهريًا في كل المعاملات؛ بما في ذلك أقل المستويات، لكن الحرارة المرتفعة كانت عاملاً محددًا، فازدادت الاستجابة لزيادة تركيز الغاز مع ارتفاع درجة الحرارة. وقد صاحبت الزيادة في معدل البناء الضوئي زيادة جوهرية في المحصول الطازج والجاف.

ويستدل من دراسات Behboudian & Lai (١٩٩٤) على أن زيادة تركيز الغاز أدت إلى خفض معدل النتح، وزيادة معدل البناء الضوئي، مقارنة بمعاملة الشاهد، وحدثت

اكبر استجابة عند زيادة تركيز الغاز إلى ٧٠٠ جزء فى المليون مع حرارة ٢٥°م نهارًا، و ١٦°م ليلا



شكل (٣-٢٦) تأثير المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون على المحصول ف الطماطم.

وفى المقابل وجد Lee & Lee (١٩٩٤أ) أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء فى المليون – لفترات طويلة – أدت إلى نقص نفاذية الأوراق لبخار الماء، ونقص معدل النتح منها (وخاصة فى الأوراق الوسطى على الساق)، وارتفاع درجة حرارتها (وخاصة فى الأوراق التى فى قمة النبات). كما أدت المعاملة بالغاز إلى زيادة معدل البناء الضوئى فى البداية، ثم انخفاضه إلى مستوى البناء الضوئى فى نباتات معاملة الشاهد بعد شهر من بداية المعاملة، مع استمرار انخفاضه إلى مستوى أدنى من نباتات الشاهد – غير المعاملة – بعد ذلك

وفى دراسة أخرى (Lee & Lee ١٩٩٤ب) وجد أن معاملة نباتات الطماطم بغاز ثانى أكسيد الكربون (بتركيز ٨٠٠ أو ٢٤٠٠ جزء فى المليون) لفترات طويلة أدت إلى: زيادة محتوى الأوراق من النشا فى الثامنة صباحًا، ونقص محتواها من الكلوروفيل والبروتين الذائب، ونقص نشاط إنزيم RuBPCase، مقارنة بمعاملة الشاهد.

وتتوقف استجابة الطماطم للمعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون بعد فترة من المعاملة، إلا أن التوقف عن التغذية بالغاز لفترة قصيرة يعيد للنباتات قدرتها على الاستجابة للغاز عند التغذية به من جديد (Blom وآخرون ٢٠٠٣).

٢- الخيار:

أوضحت عديد من الدراسات أن نبات الخيار يستجيب لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية، بشرط توفر إضاءة جيدة وحرارة مناسبة. وقد كانت الاستجابة فى صورة زيادة فى نمو الأوراق، والتفريع، والإزهار، والمادة الجافة، والمحصول المبكر، والمحصول الكلى. فمثلاً .. وجد Hopen & Ries (١٩٦٢) أن نباتات الخيار استجابت للزيادة فى تركيز الغاز من ٣٥٠ حتى ٢١٥٠ جزءًا فى المليون. وعلى الرغم من أن هذه الاستجابة حدثت أيًا كانت شدة الإضاءة، إلا أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز كانت أكبر مع ازدياد شدة الإضاءة من ٣٠٠ إلى ١٤٠٠ قدم — شمعة. وقد تمثلت هذه الاستجابة على شكل زيادة فى الوزن الطازج، والوزن الجاف للنبات؛ وطول النبات، وعدد الثمار بالنبات. كما أوضحت دراسات Slack & Hand (١٩٨٦) أن نباتات الخيار تستجيب للزيادة فى تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون شتاءً، وحتى ٤٥٠ جزءًا فى المليون صيفًا، وكانت الاستجابة على شكل زيادة فى المحصول ومتوسط وزن الثمرة. وقد كانت العلاقة طردية بين المحصول ومتوسط تركيز الغاز فى جو البيت، وكانت المعاملات اقتصادية على الرغم من احتياج البيوت إلى التهوية صيفًا.

٣- الخس:

يعتبر الخس من الخضر التى تستجيب بصورة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد

الكربون فى البيوت المحمية، دون أن تتأثر نباتات الخس سلبيًا بنواتج احتراق الوقود المستخدم فى إنتاج الغاز فقد وجد أن زيادة تركيز الغاز إلى ٣-٦ أضعاف التركيز الطبيعي يحدث التأثيرات التالية:

أ- تبكير النضج مدة ١٠ أيام على الأقل، مما يسمح بزراعة محصول إضافى من الخس فى الموسم نفسه

ب- زيادة المحصول بمقدار ٤٠٪ إلى ١٠٠٪، وتكون الزيادة فى المحصول أكبر فى الأصناف السريعة النمو

جـ- زيادة نسبة المادة الجافة.

إلا أن الاستجابة العالية لزيادة تركيز الغاز تتطلب ما يلى:

أ- زيادة درجة الحرارة بمقدار ٦°م-٨°م نهارًا و ٣°م ليلاً

ب- زيادة معدلات الرى

جـ- زيادة معدلات التسميد، خاصة بالنسبة للسماد الآزوتى (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

وكان أفضل نمو للخس عندما بلغ تركيز ثانى أكسيد الكربون ١٠٠٠، أو ٢٠٠٠ مجم/لتر وتحت هذه الظروف كانت أفضل شدة إضاءة لنمو الخس > ٢٠٠ ميكرومول/م^{2} فى الثانية، بينما لم تؤثر مستويات العناصر المغذية على معدل النمو (Park & Lee ١٩٩٩).

٤- الفراولة:

أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة معدل نمو وتطور نباتات الفراولة، حيث بكرت بالإزهار والحصاد، واستغرقت الثمار فترة أقل لحين وصولها إلى مرحلة النضج وأدت المعاملة إلى زيادة امتصاص النباتات للعناصر بنسبة ٣٠٪-٦٠٪ مقارنة بالكنترول، وإلى زيادة المحصول بنسبة ٣٠٪-٥٠٪ حسب بيئة الزراعة، مع حدوث زيادة فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة والحموضة المعايرة. وعلى الرغم من أن المعاملة أدت إلى زيادة المساحة الورقية، فإن معدل امتصاص النباتات لم يتغير (Itani وآخرون ١٩٩٨أ، و ١٩٩٨ب).

برمجة الاحتياجات البيئية باستعمال العقل الإليكترونى (الحاسوب)

يستخدم العقل الإليكترونى فى البيوت المحمية لتنظيم التحكم فى كافة العوامل البيئية، والتى منها:

١- درجات حرارة الليل والنهار، مع إجراء التعديلات اللازمة - تلقائيًا - للاستفادة القصوى من ضوء الشمس.

٢- نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون.

٣- الرطوبة الأرضية (الرى الأرضى والرى بالرذاذ).

٤- تركيز العناصر السمادية فى المحاليل المغذية، وتنظيم حقنها فى مياه الرى.

٥- التركيز الكلى للأملاح فى مياه الرى.

٦- قياسات الأرصاد الجوية خارج البيت (وهى: درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والأمطار، وسرعة الرياح واتجاهها، وشدة الإضاءة، والإشعاع الكلى) مع تعديل التدفئة، والتهوية، والإضاءة فى البيت، وتشغيل الستائر الحرارية Thermal Screens حسب الظروف الخارجية؛ وبما يقلل احتياجات الطاقة إلى حدها الأدنى.

وقد يمكن التحكم فى أجهزة العقل الإليكترونى من مكان التحكم المركزى أو من مكتب التشغيل. ويعطى الجهاز إنذارًا على صورة رنين فى الموقع أو عن طريق الهاتف (التليفون) على الأرقام التى تحدد لهذا الغرض.

وبهذه الطريقة يمكن إدارة مجموعة كبيرة من البيوت المحمية بأقل عدد من العاملين وبأمان أكبر، مع عدم الحاجة إلى رقابة دائمة طوال ساعات الليل والنهار (للتفاصيل .. تفضل مراجعة نشرات الشركات المتخصصة فى إنتاج هذه الأجهزة؛ مثل: Priva بهولندا، و Soil-less Cultivation Systems Ltd بإنجلترا).

وإلى جانب استعمال العقول الإليكترونية فى التحكم فى العوامل البيئية .. فإنها تستخدم - كذلك - فيما يعرف بـ "النظم الخبيرة"، التى يمكن الاستعانة بها فى تحديد البرامج الخاصة بمختلف العمليات الزراعية التى تناسب شتى الظروف البيئية،

وفي التعرف على مسببات كافة الظواهر غير العادية، مرضية كانت، أم غير مرضية، ودرس علاجها والتغلب عليها وتتوقف دقة هذه النظم لخبيرة - كلية – على مدى دقة، وشموليه، واتساع نطاق المعلومات التي يُغذَّى به الحاسوب، وجميعها أمور تعتمد على العامل البشري

الفصل الرابع

المحاليل المغذية

المحاليل المغذية Nutrient Solutions هى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتى، وتستخدم فى رى نباتات جميع المزارع اللاأرضية (المائية وغير المائية)، بدلاً من الماء العادى. وتقترب أغلب المحاليل المغذية فى تركيبها من محلول هوجلاند Hoagland's Solution.

ولا يوجد محلول مغذ واحد يمكن أن يقال إنه الأفضل؛ فكل محلول يصلح فى ظروف خاصة، إلا أن هناك شروطًا عامة يجب أن تتوفر فى المحاليل المغذية تتعلق بنوعية الماء المستعمل فى تحضيرها وتركيز العناصر المختلفة بها وخصائصها من حيث الـ pH، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC)، والضغط الأسموزى ... إلخ، وهذا ما سنتناوله بالشرح فى هذا الفصل.

خصائص الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية

يجب أن يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قليل الملوحة، فيستبعد الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ٧٠٠ ميكروموز، ويفضل ألا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم به عن ٥٠ جزءًا فى المليون، مع أخذ التركيز الكلى للأملاح فى الحسبان. ويمكن عند الضرورة استعمال الماء الذى يصل فيه تركيز الأملاح إلى ٠,٤ ضغط جوى.

ويمكن استعمال الماء العسر قليلاً فى تحضير المحاليل المغذية. وهو الماء الجوفى الذى يمر على طبقات جيرية؛ فيحتوى بالتالى — على تركيزات عالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم. ويعبر عن عسر الماء بمحتواه من أيون الكربونات HCO_3^-، لكن مع زيادة عسر الماء يزداد الـ pH، وتصبح بعض الأيونات مثل الحديد

غير ميسرة. وقد يزداد محتواه من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم عن المستوى المناسب للنمو النباتي. وفي هذه الحالة يجب عدم استعماله في تحضير المحاليل المغذية.

ويمكن عند الضرورة التخلص من الكاتيونات والأنيونات المسببة لعسر الماء بإمرار الماء أولاً في مرشحات مشبعة بالأيدروجين الذي يحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم. ثم يمرر على مرشحات أخرى مشبعة بالأيدروكسيد الذي يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات والكلوريد. وتعرف هذه العملية باسم Ionization، ويعرف الماء الناتج باسم Deionized Water. ولا تؤدي هذه العملية إلى التخلص من أيون البورون.

ويمكن عادة استخدام ماء الشرب في تحضير المحاليل المغذية، إلاّ أن ماء الشرب العسر المعامل بالصوديوم — ليحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم لجعله غير عسر (soft) — لا يصلح لتحضير المحاليل المغذية لزيادة محتواه من عنصر الصوديوم.

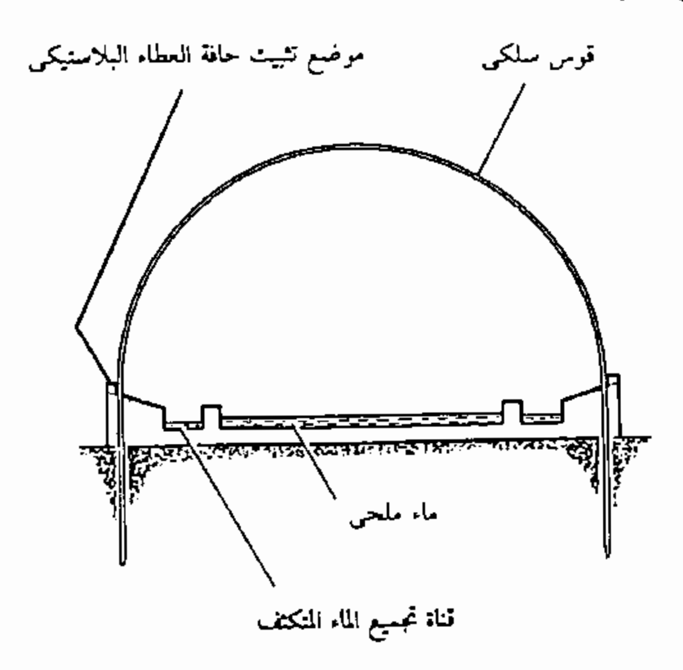
وسائل غير تقليدية لتوفير المياه التي تلزم للزراعة

عندما لا تتوافر المياه السطحية المناسبة لتحضير المحاليل المغذية، أو عندما تكون المياه الجوفية عالية الملوحة، فإنه يمكن تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية الشديدة الملوحة.

تقطير المياه بالطاقة الشمسية Solar Distillation

أن أبسط الطرق لتحقيق ذلك هي باستعمال الأنفاق البلاستيكية بالكيفية المبينة في شكل (٤-١) تكون قاعدة النفق عريضة، وتملأ بالماء الملحي. يغطى النفق بشريحة من البوليثيلين المعامل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية، والتي تستند على أقواس سلكية. تؤدي الطاقة الشمسية إلى تبخر الماء، ليتكثف على السطح الداخلي لغطاء البوليثيلين، ثم لتنزلق قطراته، وتتجمع في مجريين جانبيين منحدرين ليصل بخار الماء المتكثف في نهاية الأمر إلى خزان خاص معدُ لهذا الغرض. تُناسب هذه الطريقة المناطق الحارة، ويلزم معها معاملة السطح الداخلي للغطاء البلاستيكي بمادة تقلل التوتر السطحي

لقطرات الماء المتكثفة، بحيث تنزلق سريعًا أولاً بأول. يعيب هذا النظام قلة كمية المياه المتكثفة التى تنتج منه.



شكل (٤-١). تقطير المياه بالطاقة الشمسية فى الأنفاق البلاستيكية.

استعمال أجهزة التقطير الكهربائية

تعمل هذه الأجهزة بكفاءة عالية، وتنتج ماء نقيًا بكميات كبيرة، ولكن تكلفتها الإنشائية والتشغيلية عالية. يعتمد عمل هذه الأجهزة على تبخير الماء — تحت ضغط منخفض — على حرارة تقل عن ٥٠°م.

التحلية بخاصية الأسموزية العكسية Reverse Osmosis

عندما يُفصل محلولان مائيان مختلفان فى ضغطهما الأسموزى — كلاهما عن الآخر — بغشاء شبه منفذ (غشاء منفذ للمادة المُذيبة وغير منفذ للأملاح المُذابة)، فإن الماء يمر من المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض — من خلال الغشاء — إلى

المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع وإلى أن يتساوى تركيز الملح على جانبى الغشاء فإنه يوجد فرق فى الضغط الأسموزى عبره ويعتمد مدى هذا الضغط على الفرق بين تركيزى المحلولين وإذا ما عرض المحلول ذو التركيز الملحى المرتفع لضغط فيزيائى يزيد على فرق الضغط الأسموزى بين المحلولين، فإن الماء يتحرك عبر الغشاء شبه المنفذ فى الاتجاه العكسى (أى من المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع إلى المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض) ونظرا لأن الضغط الفيزيائى يعكس حركة الماء التى تحدثها الخاصية الأسموزية، لذا فإن هذه العملية تُعرف باسم "الأسموزية العكسية". ويستعمل لهذا الغرض – عادة – غشاء شبه منفذ يصنع من خلات السيليلوز أو من نوع من النايلون يعرف باسم "بولى أمايد polyamide".

هذا وينتج عن هذه العملية محلولان، يعرف أحدهما باسم "المحلول النافذ Permeate". وهو عذب نسبيًا، ويحتوى على ٥٪–١٠٪ من نسبة الأملاح الأصلية الموجودة فى الماء الذى تتم تحليته، بينما يعرف الثانى باسم "المحلول الملحى المركز Concentrate" وهو شديد الملوحة

نزع الأيونات Deionisation

يتم فى هذه الطريقة إزالة الأيونات من الماء، على عكس طريقة التقطير التى يتم فيها سحب الماء من الأملاح الذائبة ويجرى ذلك باستعمال أعمدة Columns (أسطوانات) خاصة يحدث فيها تبادل للأيونات، حيث يتم فى بعضها تبادل الكاتيونات مع أيون الأيدروجين. بينما يتم فى بعضها الآخر تبدل الأنيونات مع أيون الهيدروكسيل، وعندما تستبدل بجيمع الأيونات من هذه الأعمدة أيونات الماء الملحى فإنه يتم تنشيطها من جديد بإمرار محلول مركز من حامض – أو قلوى – من خلالها، حسب نوع العمود؛ حيث يؤدى ذلك إلى إزالة الصوديوم وأية كاتيونات أخرى من أحد الأعمدة، وإزالة الكلورين وأية أنيونات أخرى من الأعمدة الأخرى وإحلال أيونات الأيدروجين وأيونات الهيدروكسيل بدلاً منها على التوالى

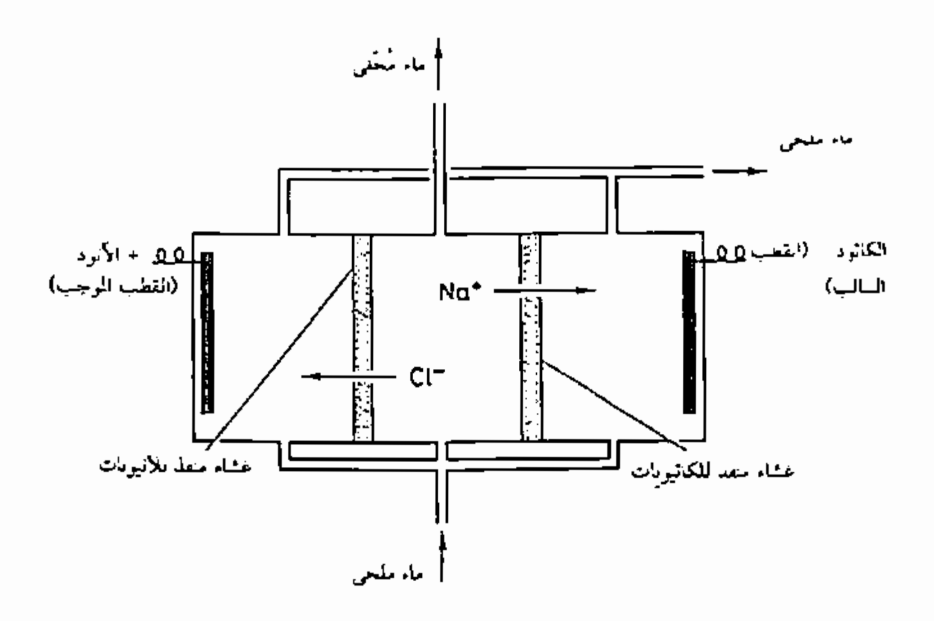
يمكن لهذه الأجهزة إنتاج كميات من المياه المنزوع الأيونات تصل إلى ٩٠٠٠ لتر فى الساعة، وتتوقف تكلفتها على تركيز الأملاح التى توجد فى الماء الذى يُراد تحليته. ويفضل إتباع هذه الوسيلة فى تحلية الماء عندما تقل نسبة الأملاح فيه عن ٨٠٠٠ جزء فى المليون.

الفصل الكهربائى للأيونات (الديلزة الكهربائية) Electrodialysis

"الديلزة Dialysis" هى خاصية فصل المواد فى المحاليل بالاعتماد على غشاء اختيارى النفاذية يسمح بنفاذ مواد ذائبة معينة من خلاله، ويمنع مرور مواد أخرى ذائبة أما التحليل الكهربائى Electrolysis فهو الخاصية التى يمكن ملاحظتها عند مرور تيار كهربائى خلال محلول مائى؛ حيث يعمل المحلول على توصيل التيار الكهربائى من القطب الموجب anode إلى القطب السالب cathode. وتتحرك أثناء ذلك الكاتيونات – خلال الماء – إلى القطب السالب. بينما تتحرك الأنيونات تجاه القطب الموجب، ويسمح الجمع بين خاصيتى الديلزة والتحليل الكهربائى – فى الديلزة الكهربائية – بتحليه المياه الملحية؛ حيث يقسم الحوض الذى يحدث فيه التحلل الكهربائى إلى ثلاث حجرات. وبموجب هذا التقسيم تفصل الحجرة الوسطية عن الكاثود بغشاء اختيارى النفاذية يسمح بمرور أيون الصوديوم ويمنع مرور أيون الكلور، بينما تفصل هذه الحجرة عن الآنود – من الجانب الآخر -- بغشاء آخر اختيارى النفاذية كذلك ولكنه يسمح بمرور أيون الكلورين، بينما يمنع مرور أيون الصوديوم. ويحدث نتيجة ذلك تحرك أيونى الصوديوم والكلور – من الحجرة الوسطية – نحو الكاثود والآنود – على التوالى؛ ليصبح الماء فى الحجرة الوسطية منخفضًا كثيرًا فى محتواه من الأملاح (شكل ٤–٢).

وقد وجد أن إضافة ماء البحر المنقى من الأيونات الأحادية بالديلزة الكهربائية electrodialyzing (استخدمت فيها لُفيفة من غشاء انتقائى selective membrane cartridge)، وذلك بتركيز ٢٪ من المحلول المغذى المستعمل فى رى الباذنجان فى

الزراعات المائية أدت إلى زيادة معدل النمو الخضرى، وزيادة المحصول الكلى بنسبة ١٤٪ والمحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٣٪، مقارنة بالوضع فى معاملة الكنترول التى أعطيت المحلول المغذى فقط كذلك أدت تلك المعاملة إلى زيادة محتوى الثمار من كل من السكر والعناصر والمادة الجافة (Islam وآخرون ٢٠١٠)



شكل (٤-٢) عملية "الديلزة" الكهربائية **Electrodialysis**

ترشيح الماء المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية

إن لم تكن مياه الآبار صحية تماما وخالية من أية عوائق فإنه يتعين ترشيحها، وكذلك تُرشح جميع مصادر المياه الأخرى باستثناء تلك التى يُتحصل عليها من تحلية مياه البحر. ويجب ألا يقل عدد فتحات مناخل المرشحات عن ١٥٠ فتحة فى البوصة (٢,٥ سم) الطولية (١٥٠ مش mesh)، لكى يكون فعالاً فى استيعاب الجزيئات التى تضر بأجزاء السماد من مضخة وصمامات،ومنظمات ضغط، وحاقنات، وكذلك للحد من انسداد النقطات

التركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية

مصادر الأملاح، ومستواها المناسب، وأضرار زيادتها

يوجد بالمحاليل المغذية مصدران للأملاح، هما: الأسمدة الذابة، والأملاح الموجودة أصلاً فى الماء المستعمل فى تحضير المحلول المغذى. وكلما انخفضت نسبة الأملاح فى الماء، أمكن زيادة تركيز الأسمدة، لأن التركيز الكلى للأملاح يجب ألا يزيد على حد معين يقدر فى المتوسط بنحو ٠,٧ ضغط جوى. وتؤدى زيادة التركيز الكلى للأملاح على ذلك إلى نقص النمو النباتى تدريجيًا إلى أن يتوقف، ثم تموت النباتات بسبب عدم استطاعتها الحصول على حاجتها من الماء عند زيادة الضغط الأسموزى عن الحد المناسب للنمو النباتى كما تصاب الطماطم بتعفن الطرف الزهرى، وتصبح أوراق الخس صلبة القوام، وحوافها ملتفة. كذلك فإن نقص التركيز الكلى للأملاح عن المستوى المناسب يعنى انخفاض تركيز العناصر الغذائية الميسرة لامتصاص النبات عما هو ضرورى للنمو الجيد.

ويتوقف التركيز الكلى المناسب للأملاح بالمحلول المغذى على درجة الحرارة، فيفضل أن يكون الضغط الأسموزى حوالى ٠,٥ صيفًا، و ١,٠ شتاءً، وذلك بسبب زيادة النتح عند ارتفاع درجة الحرارة خلال الصيف. وعمومًا .. يقل الضغط الأسموزى المناسب فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، عنه فى المناطق الباردة (Jones ١٩٨٢).

وقد درس Nieman (١٩٦٢) تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من الخضروات، واستخدم الباحث محلولاً مغذيًا قياسيًا يبلغ ضغطه الأسموزى ٠,٤ ضغط جوى. ثم استخدم كلوريد الصوديوم لتوصيل الضغط الأسموزى إلى ١,٤ و ٢,٤ و ٣,٤ و ٤,٤ فى المعاملات المختلفة. وأجريت الدراسة فى مزرعة حصى gravel culture

ويتضح من النتائج المبينة فى جدول (٤-١) أن بعض الخضروات — كالبنجر، والسبانخ — استفادت من إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى، حتى وصل ضغطه الأسموزى إلى ٢,٤ ضغط جوى. وهذه المحاصيل معروفة بمقدرتها العالية على تحمل

الملوحة. كما استفاد كل من اللفت، والكرنب بزيادة الضغط الأسموزى إلى ١,٤ ضغط جوى. أما باقي الخضر التي درست، فقد تأثر نموها سلبيًا بزيادة الضغط الأسموزى إلى ١,٤ ضغط جوى. ويفسر التدهور في نموها بزيادة الملوحة عن ذلك.

جدول (٤-١): تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من محاصيل الخضر في مزارع الحصى

المحصول	وزن النمو القمى (كنسبة مئوية من الوزن في المحلول المغذى القياسي) عندما كان الضغط الأسموزى			
	١,٤	٢,٤	٣,٤	٤,٤
البنجر	١٠٧	١١٩	—	٩٦
السبانخ	٩٠	١٢٩	١٢١	٨٨
اللفت	١١٣	١٠١	٩٨	٨١
الكرنب	١٤٤	٩٥	٩٦	٥٢
الطماطم	٩١	٧٤	٧٧	٧٢
المسترد	٩٥	٦٩	٨٠	٥١
الخس	٦٨	٦٠	٦٥	٥٢
الجزر	٩١	٦٨	٥٤	٣٨
الفلفل	٦٨	٦٤	٥٨	٣٣
الفاصوليا	٨٨	٥٥	٢٢	١٦
البصل	٧٧	٣٩	٣٩	٢٨
البسلة	٧٧	٥٣	(ه)	(ه)

(ه) موت النباتات بسبب زيادة الملوحة

كما أظهرت دراسات Xu وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم في مزرعة لاأرضية أساسها البيت موس أن زيادة التركيز الكلي للأملاح في المحلول المغذى لتصل درجة توصيله الكهربائي (EC) إلى ٤,٥ مللى موز/سم — مقارنة بـ EC ٢,٣ مللى موز/سم — أدت إلى نقص الجهد المائي للأوراق water potential، الأمر الذى ترتب عليه نقص معدل البناء الضوئي فيها

كذلك حصل Ohta وآخرون (١٩٩٤) على نتائج مماثلة، حيث أدت مضاعفة تركيز المحلول المغذى القياسي في مزرعة مائية إلى نقص الجهد المائي لأوراق الطماطم (من الصنف Sun Cherry ذى الثمار الكريزية)، وكان ذلك مصاحبًا بنقص مماثل في كل من وزن الثمرة وجهدها المائي، وجهدها الأسموزى، مع زيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وتعد الفراولة من أكثر محاصيل الخضر حساسية للملوحة، حيث يؤدى تراكم الصوديوم إلى ضعف قوة النمو النباتي، وتأخيره، وإلى زيادة معدلات موت النباتات عن المعدل الطبيعي ويعتبر الاحتراق البسيط أو المتوسط لقمة وحواف الأوراق أمرًا شائعًا عند ارتفاع الملوحة. ولكن تزداد شدة الاحتراق في الجو الحار الجاف عما في الجو البارد الرطب كما تؤدى الملوحة العالية إلى ضعف تكوين الجذور في النباتات الصغيرة وعدم تكوين جذور دقيقة، وهي التي تكون نشطة في عملية الامتصاص، وتكون الجذور سميكة وتفشل نباتات المدادات غالبًا في تكوين جذور جديدة على سطح التربة أما النباتات الكبيرة ذات النمو الجذرى المتعمق في التربة فإنها تكون — عادة — أكثر تحملاً للملوحة (Mass ١٩٩٨)

وقد أدت زيادة تركيز الملوحة في المحاليل المغذية بمزارع الصوف الصخرى للفراولة من ٦ ٢ إلى ٨،٦ مللى موز/سم إلى زيادة تركيز الكلورين من ٠،٠٣٪ إلى ٠،٦١٪ (على أساس الوزن الجاف)، ونقص تركيز النترات في العصير الخلوى لأعناق الأوراق من ٥١ ١٠ إلى ٣،٦٠ مجم/مل، هذا بينما لم يتأثر — على أساس الوزن الجاف — تركيز كلا من البوتاسيوم، والصوديوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم بزيادة تركيز الملوحة (& Awang Atherton ١٩٩٤).

كما أدت زيادة تركيز الملوحة في مزارع الصوف الصخرى للفراولة من ٥ ٢ إلى ٨،٥ مللى موز/سم إلى نقص محصول الثمار، وصاحب ذلك نقصًا في محتوى الثمار من الرطوبة، وزيادة في نسبة محتواها من المادة الجافة (من ٨،٣٢٪ عند ملوحة ٢،٥ مللى موز/سم إلى ٧٨ ٩٪ عند ملوحة ٥ ٨ مللى موز/سم). وعلى الرغم من أن تركيز السكريات

المختزلة والأحماض — على أساس الوزن الجاف — لم يتأثر بمعاملة الملوحة، فإن تركيزهما النسبي — على أساس الوزن الرطب — ازداد بنقص محتوى الثمار من الرطوبة. هذا ولم تكن للملوحة أى تأثيرات على صلابة الثمار أو لونها (Awang وآخرون ١٩٩٣).

وبينما أحدث تعريض نباتات الفراولة للملوحة العالية — بصورة دائمة — نقصًا جوهريًا في النمو النباتي والمحصول، فإنها أدت كذلك إلى تحسين جودة الثمار. وقد كان النقص في المحصول مرتبطا بنقص فى عدد النورات الزهرية؛ مما حدا ببعض الباحثين إلى اقتراح تأخير تعريض النباتات للملوحة العالية — فى الزراعات اللاأرضية — للسماح بتكوين نمو خضرى قوى قبل الإزهار، فلا يتأثر المحصول، بينما تتحسن نوعيته؛ ذلك لأن محصول الفراولة يعتمد بدرجة عالية على عدد النورات الزهرية، الذى يعتمد — بدوره — على عدد الأوراق والتيجان كذلك فإن محصول الفراولة يرتبط سلبيًا مع الوزن الكلي للأوراق، مما يعنى أن الشدّ الذى تضعه الملوحة على النمو الورقى يمكن أن يؤثر إيجابيًا على المحصول.

وقد أظهرت دراسات Awang & Atherton (١٩٩٥) على الفراولة أن عدد أوراق النبات (من ١٢ إلى ٦٠ ورقة/نبات) عند بداية المعاملة بالملوحة (من ٢,٦ إلى ٩ ٨ مللى موز/سم فى المحاليل المغذية بالزراعات اللاأرضية) لم يكن له تأثير على النقص فى النمو الخضرى والإزهار الذى سببته معاملة الملوحة. ولم يحدث نقص فى عدد الثمار إلا عندما عرضت النباتات ذات الستين ورقة لأعلى مستوى من الملوحة (٩ ٨ مللى موز/سم)، وهى المعاملة التى أحدثت — كذلك — نقصًا فى المحصول الكلى (الجاف والطازج) فى جميع الأحجام النباتية ما عدا أصغرها (١٢ ورقة).

ويتراوح — عادة — مستوى الملوحة فى المحاليل المغذية المستعملة فى تقنية الغشاء المغذى أو فى الزراعات اللاأرضية بين ٣٠، و ٧٥ مللى مول كتركيز كلى للأيونات (يعادل ذلك ضغطًا أسموزيًا مقداره ٠,٠٧-١٨٠ ميجا باسكال MPa، ودرجة توصيل كهربائى EC مقدارها ٢-٥ ديسى سيمنز/م). تؤدى التركيزات الأقل من هذا المدى إلى الحد من النمو النباتي كون التغذية تصبح عاملاً محددًا للنمو، أو

قد تؤدى – فى الحالات الشديدة – إلى ظهور أعراض نقص العناصر. أما التركيزات الأعلى فإنها قد تقلل النمو – كذلك – بسبب تأثيرها الأسموزى؛ فالضغط الأسموزى العالى حول الجذور يقلل تيسر الماء لها، وإذا ما اقترن ذلك بمعدل عال للنتح، فإن ذلك قد يخفض الجهد المائى بالنبات، وهو الذى يرتبط بانخفاض فى امتلاء الخلايا، ومن ثم ضعف تمددها وعدم زيادتها فى الحجم؛ مما يؤدى إلى ضعف النمو النباتى. كذلك فإن زيادة الضغط الأسموزى للمحلول المغذى قد تسبب نقص النمو من خلال تسببها فى انغلاق الثغور؛ الأمر الذى قد يحدث إما بسبب حدوث انخفاض فى امتلاء خلايا الأوراق، وإما استجابة لإشارات تصدر إليها من الجذور. ويؤدى انغلاق الثغور إلى خفض معدل النمو النباتى؛ بسبب ما يحدثه ذلك من نقص فى معدل البناء الضوئى؛ ومن ثم حدوث نقص فى تراكم المادة الجافة (عن Van Ieperen ١٩٩٦).

التوصيل الكهربائى كمقياس لتركيز الأملاح فى المحاليل المغذية

تعتمد درجة توصيل المحاليل للتيار الكهربائى على محتواها من الأملاح؛ حيث تزداد قدرتها على توصيل الكهرباء كلما ازداد محتواها من مختلف الأملاح. ويُعبّر عن التوصيل الكهربائى Electrical Conductivity (اختصارًا: EC) – عادة – بالمللى سيمنز/سم millisiemens per centimeter اختصارًا: mS/cm)، علمًا بأن السيمنز هى وحدات التوصيل الكهربائى فى النظام الدولى للوحدات؛ وهى تعادل مقلوب أوهم ohm واحد (ومقلوب الأوهم هو الموه)؛ أى إن قراءة التوصيل الكهربائى بالمللى سيمنز/سم تعادل القراءة نفسها بالمللى موز/سم millimhos/cm أو mho/cm وقد تكون قراءة جهاز التوصيل الكهربائى بالميكروسيمنز/سم µS/cm.

هذا .. إلا أن درجة التوصيل الكهربائى لمحلول ما لا تعتمد فقط على محتواه من الأملاح، ولكن كذلك على تركيز كل ملح منها؛ لأن بعض الأملاح أكثر قدرة على التوصيل الكهربائى من غيرها. فمثلاً .. توصل كبريتات الأمونيوم الكهرباء بمقدار ضعف توصيل

نترات الكالسيوم لها، وأكثر من ثلاثة أمثال توصيل كبريتات المغنيسيوم. بينما لا توصل اليوريا الكهرباء على الإطلاق. ولا يكون لأيونات النترات علاقة وثيقة بالتوصيل الكهربائي كما تفعل أيونات البوتاسيوم ويعني ذلك أنه كلما زادت نسبة النيتروجين إلى البوتاسيوم في المحلول المغذي، انخفضت قدرته على التوصيل الكهربائي

ويتضح تباين مختلف الأملاح في قدرتها على التوصيل الكهربائي مما يلي:

المركب السمادي	التوصيل الكهربائي EC لمحلول بتركيز ٠,٢٪ في الماء المقطر (mMho)
نترات الكالسيوم	٢,٠
نترات البوتاسيوم	٢,٥
نترات الأمونيوم	٢,٩
كبريتات الأمونيوم	٣,٤
كبريتات البوتاسيوم	٢,٤
كبريتات المغنيسيوم (٧ جزيئات ماء تبلور)	١,٢
كبريتات المنجنيز (٤ جزيئات ماء تبلور)	١,٥٥
فوسفات أحادي الصوديوم NaH_2PO_4	٠,٩
فوسفات أحادي البوتاسيوم KH_2PO_4	١,٣
حامض النيتريك	٤,٨
حامض الفوسفوريك	١,٨

كما يجب أن تؤخذ في الحسبان نوعية الأملاح التي تتواجد في المياه المستخدمة في تحضير المحاليل المغذية، حيث إنها تتباين كثيرًا من موقع لآخر

كذلك تتأثر درجة التوصيل الكهربائي للمحاليل بدرجة الحرارة التي يُجرى عندها القياس، ولذا . يتعين تصحيح القراءة — تبعًا لدرجة حرارة المحلول — بضرب القراءة المتحصل عليها في معامل تصحيح خاص كما يلي (عن Resh ١٩٨٥)

معامل التصحيح	الحرارة (° م)	معامل التصحيح	الحرارة (° م)
٠,٩٧٩	٢٦	١,٦١٣	٥
٠,٩٦٠	٢٧	١,٤١١	١٠
٠,٩٤٣	٢٨	١.٢٤٧	١٥
٠,٩٢٥	٢٩	١,٢١١	١٦
٠,٩٠٧	٣٠	١,١٨٩	١٧
٠,٩٨٠	٣١	١,١٦٣	١٨
٠,٨٧٣	٣٢	١,١٣٦	١٩
٠,٨٥٨	٣٣	١,١١٢	٢٠
٠,٨٤٣	٣٤	١,٠٨٧	٢١
٠,٨٢٩	٣٥	١,٠٦٤	٢٢
٠,٧٦٣	٤٠	١,٠٤٣	٢٣
٠,٧٠٥	٤٥	١,٠٢٠	٢٤
		١,٠٠٠	٢٥

ويمكن التعبير عن تركيز الأملاح فى المحلول المغذى – بعد قياس درجة توصيله الكهربائى – بأى من الطرق التالية:

١– تركيز الأملاح بالملى مكافئ/لتر = الـ EC بالمللى موز/سم × ١٠.

٢– تركيز الأملاح بالجزء فى المليون = الـ EC بالمللى موز/سم × ٦٤٠.

٣– تركيز الأملاح كنسبة مئوية = الـ EC بالمللى موز/سم × ٠,٠٦٤.

٤– تركيز الأملاح بالضغط الجوى = الـ EC بالمللى موز/سم × ٠,٣٦.

التركيز المناسب من مختلف العناصر فى المحاليل المغذية

النركير المناسب والتوازن الأيونى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى على كافة العناصر الغذائية، وبالتركيز المناسب للنمو النباتى على أن تكون العناصر المغذية الكبرى فى حالة توازن أيونى فيما بينهـا. ويوضح

جدول (٤-٢) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب لهذه النسبة لكل من الأيونات الستة الرئيسية في المحلول المغذى، على أساس أن مجموع نسب الأنيونات (النترات والفوسفات والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم) = ١٠٠٪ تحقق هذه النسب التوازن المطلوب بين الأنيونات والكاتيونات الرئيسية أما الصوديوم، فإنه لا يعد من العناصر المغذية الضرورية، وأما بقية العناصر، فإنها توجد في المحاليل المغذية بتركيزات منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيوني بها

ويمكن تحضير محلول مغذ يحتوى على التوازن الأيوني المطلوب بإذابة كميات" المركبات المبينة في جدول (٤-٣) في لتر ماء

جدول (٤-٢) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب للأيونات الستة الرئيسية في المحلول المغذى

الأيون		النسبة المئوية	المجال الملائم للنسبة المناسبة
الأنيونات	NO_3^-	٦٠	٥٠-٧٠
	$H_2PO_4^-$	٥	٣-١٠
	SO_4^{--}	٣٥	٢٥-٤٥
الكاتيونات	K^+	٣٥	٣٠-٤٠
	Ca^{++}	٤٥	٣٥-٥٥
	Mg^{++}	٢٠	١٥-٣٠

جدول (٤-٣) كميات المركبات اللازمة لتحضير محلول مغذ في حالة توازن أيوني بالصورة المبينة في جدول (٤-٢)

المركب	الكمية (ملليجرام/لتر ماء)
فوسفات البوتاسيوم	١٣٦
نترات الكالسيوم	١٠٦٢
كبريتات المغنيسيوم	٤٩٢
نترات البوتاسيوم	٤٩٣
كبريتات البوتاسيوم	٢٥٢
أيدروكسيد البوتاسيوم	٢٢٤

هذا .. ويُبين جدول (٤-٤) المجال المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية. ويتضح من الجدول أن العناصر الكبرى - وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم - توجد بأعلى تركيز، كما يوجد الصوديوم بصورة طبيعية فى الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية. وعلى الرغم من أن الحد الأقصى المسموح به يصل إلى ١٠٠٠ جزء من المليون، إلاّ أن التركيز المناسب يجب أن يكون عند الحد المُبين، وهو ١٥٠ جزءًا فى المليون. أما العناصر المغذية الصغرى (أو الدقيقة) وهى: الحديد، والبورون، والمنجنيز، والزنك، والنحاس، والموليبدنم، فإن تركيزاتها تكون منخفضة كثيرًا، وأقلها الموليبدنم الذى قد يصل تركيزه فى المحاليل المغذية إلى ٠,٠٠١ جزءًا فى المليون (Douglas ١٩٨٥). ويُبين الجدول نفسه متوسط التركيز المناسب لمختلف العناصر الغذائية فى المحاليل المغذية، نقلا عن مصدر آخر (Jones ١٩٨٢). ويلاحظ أن التركيزات المناسبة تميل لأن تكون فى جانب الحدود الدنيا للمجالات المناسبة، كما تقل عنها فى حالات العناصر الدقيقة. وربما كان السبب أن الأرقام المبينة للتركيز المناسب خاصة بالمزارع المائية التى لا توجد فيها بيئة صلبة لنمو الجذور، وإنما تكون الجذور فيها مغمورة فى المحلول المغذى.

ولقد ازداد امتصاص نباتات الخيار والطماطم من العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بزيادة تركيز العناصر فى المحلول المغذى. وبينما لم تزدد نسبة امتصاص البوتاسيوم إلى النيتروجين مع تقدم مراحل النمو فى الخيار، فإن تلك النسبة ازدادت فى الطماطم أثناء تكوين الثمار من ١,١ : ١ إلى ٢,٦ : ١ - كحد أقصى - ثم انخفضت ثانية إلى ٢ : ١. ومع زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى انخفضت حالات الإصابة بالنضج المتبقع، وازداد محتوى الثمار من الأحماض العضوية والبوتاسيوم.

وفى الخيار أدت التركيزات المنخفضة من كل من الكالسيوم والمغنيسيوم فى المحلول المغذى إلى خفض المحصول ونسبة الثمار جيدة النوعية، وكذلك خفض امتصاص النباتات من هذين العنصرين.

جدول (٤-٤) المدى المناسب لتركيز مختلف العناصر في المحاليل المغذية

العنصر	التركيز المناسب (جزء في المليون)	المدى المناسب لتركيز العنصر (جزء في المليون)
النيتروجين	١٥٠	١٥٠-٣٠٠
الفوسفور	٥٥	٥٠-١٠٠
البوتاسيوم	١٧٥	١٠٠-٤٠٠
الكالسيوم	١٠٥	٣٠٠-٥٠٠
المغنيسيوم	٩٠	٥٠-١٠٠
الكبريت	١٢٥	٢٠٠-١٠٠٠
الصوديوم	—	١٥٠-١٠٠٠
الحديد	١,٠	٢-١٠
البورون	٠,٠٠٨	٠,٥-٥,٠
المنجنيز	٠,٣٦	٠,٥-٥,٠
الزنك	٠,٠٤٦	٠,٥-١,٠
النحاس	٠,٠٢٦	٠,١-٠,٥
الموليبدنم	٠,٠٠١	٠,٠٠١-٠,٠٠٢

ولقد ارتبط امتصاص نباتات الطماطم للماء والنيتروجين والبوتاسيوم – بشدة – بالإشعاع الشمسي، بينما كان امتصاص البوتاسيوم مرتبطاً بشدة بحرارة المحلول المغذي وازداد – كذلك – امتصاص معظم العناصر المغذية الأخرى بزيادة حرارة المحلول المغذي (Adams ١٩٩٤).

وحالياً تعتبر ثمانية عناصر صغرى ضرورية للنباتات الراقية، وهي: الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس، والنيكل، والبورون، والموليبدنم، والكلور (عن Welch ١٩٩٥). وقد ورد بيانها في جدول (٤-٤) باستثناء عنصر النيكل الذي يتوفر كشوائب دقيقة تكفي حاجة النبات، وعنصر الكلور الذي يتوفر كشوائب، وضمن تركيب بعض الأسمدة، وفي ملح كلوريد الصوديوم الذي لا تخلو منه مياه الري.

ويتبين من دراسات Newton & Ramli Abdulah (١٩٩٣) أن نمو نباتات الطماطم والخيار فى مزارع تقنية الغشاء المغذى يتناسب طرديًا مع محتوى النباتات من الحديد، علمًا بأن أعلى مستوى من الحديد فى النباتات كان فى المعاملة التى أضيف فيها الحديد في صورة مخلبية (Fe-EDTA) مقارنة بإضافته في صورة كبريتات الحديدوز، أو كلوريد الحديديك.

وتجدر الإشارة إلى أن جميع الخضروات - باستثناء الذرة السكرية - يكون نموها أفضل عند استعمال النترات NO_3^- - كمصدر للنيتروجين - مقارنة بالأمونيوم NH_4^+، فى المزارع المائية (وليس بالضرورة فى الزراعات الأرضية العادية)، ولكن عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم يخففان من التأثير السلبى للأمونيوم. وعلى الرغم من ذلك، يفضل استعمال الأمونيوم كمصدر للآزوت تحت ظروف الإضاءة الضعيفة، وعند زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت (عن Kanahama ١٩٩٤)، وعندما يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قلوى التأثير.

ويستدل من دراسات David وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم أن إضافة حامض الهيوميك Humic Acid - بتركيز ١٢٨٠ جزءًا فى المليون - إلى محلول مغذٍ محدود فى محتواه من العناصر الضرورية - أدت إلى زيادة تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والحديد، والمنجنيز، والزنك فى النموات الخضرية، والنيتروجين، والكالسيوم، والزنك، والنحاس فى الجذور، مع زيادة الوزنين الطازج والجاف للجذور، ولم يكن مرد تلك الزيادات إلى ما أضافه حامض الهيوميك من عناصر إلى المحلول المغذى، ولا إلى إحداثه لتغيير فى الرقم الأيدروجينى للمحلول

العوامل المؤثرة على اختيار التركيز المناسب للعناصر فى المحاليل المغذية

يتأثر التركيز المناسب للعناصر الضرورية للنبات فى المحاليل المغذية بالعوامل التالية:

١- درجة الحرارة، وشدة الإضاءة.

فيزداد تركيز النيتروجين فى الجو الحار وتحت ظروف الإضاءة القوية، عنه فى الجو البارد. أو تحت ظروف الإضاءة الضعيفة. كما تفضل زيادة تركيز البوتاسيوم فى الجو الملبد بالغيوم. ومضاعفته إذا استمر الجو على هذه الحال لفترة طويلة وعموما . يمكن زيادة تركيز المحاليل المغذية إلى ٢-٤ أضعاف التركيزات الموصى بها فى الإضاءة المنخفضة، أو إذا أريدت أقلمة الشتلات، بينما يجب أن تكون التركيزات فى الحدود الموصى بها أو نصفها فى الإضاءة القوية، نظرًا لزيادة النتح تحت هذه الظروف.

٢- نوع المزرعة اللاأرضية

اد تتوقف التركيزات المناسبة لمختلف العناصر الغذائية على نوع المزرعة المستعملة

٣- المحصول المزروع

فيزداد تركيز النيتروجين فى المحاليل الورقية (كالخس) عنه فى مزارع الطماطم أو الخيار

٥- مرحلة النمو النباتى:

فكثيرًا ما تجهز محاليل مغذية بتركيزات مختلفة لمراحل النمو المختلفة، ويكون اختلاف هذه المحاليل فى تركيز العناصر الستة الكبرى فقط. بينما يظل تركيز العناصر الستة الصغرى ثابتا دون تغيير

فتستعمل فى تغذية الطماطم ثلاثة محاليل، هى: (أ) ويبلغ تركيزه ثلث التركيز الكامل، ويستعمل فى مرحلة نمو البادرات من الورقة الحقيقية (بعمر ١٠-١٣ يومً)، حتى يصل طول النبات إلى نحو ٣٥-٤٠ سم. و (ب) ويبلغ تركيزه ثلثى التركيز الكامل، ويستعمل بعد ذلك حتى يصل طول النبات إلى ٦٠سم عندما تكون الثمار الأولى بقطر ٠,٥-١,٠ سم، و (جـ) وهو بالتركيز الكامل. ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات.

ويستعمل فى الخيار محلولان، هما: (أ) ويبلغ تركيزه نصف التركيز الكامل، ويستعمل حتى مرحلة عقد الثمرة الأولى على النبات، و (ب) وهو بالتركيز الكامل، ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات.

كما يستعمل في الخضر الورقية محلولان أيضًا، هما: (أ) ويبلغ تركيزه نحو ثلثي التركيز الكامل. ويستعمل إلى أن تكون النباتات بعمر ثلاثة أسابيع، و (ب) وهو بالتركيز الكامل. ويستعمل بعد ذلك (Resh ١٩٨٥).

ويستدل من مختلف الدراسات أن النباتات تنمو بصورة جيدة فى مدى واسع من تركيزات مختلف العناصر فى المحاليل المغذية، شريطة استمرار تركيز كل عنصر بين حدّى النقص والسمية. فمثلاً . لم يتأثر نمو نباتات الطماطم بتغيير تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى بين ٢٠ و ٣٢٠ جزءًا فى المليون. ويستدل من ذلك على عدم الحاجة إلى قياس تركيز مختلف العناصر دوريًا لتعديله؛ حيث يكفى قياس درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى لتعرف مدى استنفاذ النباتات للعناصر.

وتحقق هذه الطريقة أهدافها بصورة عملية عندما يُستعمل فى تحضير المحلول المغذى مخلوط معد سلفًا من مختلف العناصر، أو سماد تجارى خاص بمحصول معين لاستعماله فى نوعيات معينة من المزارع تحت ظروف خاصة. ففى هذه الحالة تتماشى نسب العناصر المضافة مع نسب العناصر التى تمتصها النباتات من المحلول المغذى، وتكفى قراءة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول لتحديد كمية السماد التى تنبغى إضافتها إليه لإعادتها إلى ما كانت عليه ابتداء. أما إذا أضيفت العناصر كل على حدة، فإن تركيز بعضها قد يزداد إلى درجة السمية، بينما قد ينخفض تركيز بعضها الآخر عن المستوى الحرج للنمو النباتى.

لكن ينبغى التأكيد على أن ذلك الأمر ينطبق — فقط — على الحالات التى يكون فيها تركيز العناصر فى المحاليل المغذية المستعملة مماثلاً لمعدلات امتصاص النباتات من كل عنصر منها، وبغير ذلك فإن تعويض النقص الذى يحدث فى حجم المحلول المغذى بكميات إضافية منه يؤدى — تدريجيًا — إلى زيادة تركيز بعض العناصر فى المحلول المغذى إلى درجة السمية، بينما قد ينخفض تركيز بعضها الآخر عن المستوى الحرج للنمو النباتى.

ولتجنب حدوث هذه الحالات التى قد تقضى على المزرعة المائية . يفضل تغيير المحلول المغذى المستعمل كليًا بعد نحو ٣ أسابيع من الاستعمال (المصاحب بإضافات من المحلول المغذى تبعا لقراءة التوصيل الكهربائى). تنخفض إلى نحو أسبوع واحد فقط فى النباتات البالغة القوية النمو

أضرار نقص العناصر أو زيادة تركيزها عن المستويات الحرجة للنمو النباتى

ليس من بين أهداف هذا الكتاب استعراض العناصر الغذائية الضرورية وتأثيرها على نمو وتطور النباتات. فذلك أمر تناولناه بالتفصيل فى كتاب "أساسيات وفسيولوجيا الخضر (حسن ١٩٩٧)" ونكتفى فى هذا المقام بتقديم عرض موجز لأعراض نقص مختلف العناصر. وكذلك أعراض التسمم بها.

أعراض نقص العناصر

أولا: العناصر الكبرى:

١ النيتروجين

يؤدى نقص العنصر إلى ظهور لون أصفر متجانس يشمل كل الورقة فى النباتات ذات الفلقتين. بينما يكون الاصفرار فى وسط نصل الورقة فقط، مع بقاء حوافها خضراء اللون فى ذوات الفلقة الواحدة وتظهر الأعراض فى كلتيهما على الأوراق السفلى أولاً، فالتى تليها وهكذا ويكون نمو النباتات بطيئًا ومتقزمًا. ثم يصبح النبات متخشبًا، وتكون جميع الأعضاء النباتية أصغر حجمًا من نظيراتها فى النباتات التى لا تعانى نقص النيتروجين

٢- الفوسفور.

يؤدى نقص الفوسفور فى النباتات ذوات الفلقتين إلى ظهور لون أحمر أو أرجوانى على العروق الرئيسية بانصال الأوراق - خاصة على الجانب السفلى للورقة - وأعناق الأوراق. والسيقان. بينما تبقى العروق الحديثة فى الأوراق خضراء اللون. إلا فى حالات

النقص الشديد، حيث تكتسب – هي الأخرى – لونًا أرجوانيًا. أما في ذوات الفلقة الواحدة، فإن نقص العنصر يؤدي إلى ظهور لون أحمر أو أرجواني في مناطق مختلفة من الورقة. وفي كلتيهما .. يكون ظهور الأعراض على الأوراق السفلى أولاً، فالتي تليها ... وهكذا. وعمومًا .. يكون النمو النباتي بطيئًا، ويتأخر النضج في حالات نقص العنصر.

٣- البوتاسيوم:

تظهر أعراض نقص العنصر على الأوراق المسنة أولاً، وتكون في ذوات الفلقتين في صورة اصفرار خفيف على حواف الأوراق، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق، ثم يتغير لون الحواف إلى اللون الرمادي، ثم إلى اللون البني القاتم. وفي ذوات الفلقة الواحدة يبدأ الاصفرار من قمة الورقة، ثم يمتد إلى أسفل عبر الحواف، بينما يبقى مركز الورقة أخضر اللون. ويصاحب نقص العنصر عدم تجانس نضج الثمار وضعف قدرتها على التخزين.

٤- الكالسيوم:

تبدو الأوراق الحديثة بلون أخضر باهت، ثم تظهر عليها بقع متحللة؛ وتلتف حوافها إلى أسفل. وتكون حواف الأوراق الحديثة – أحيانًا – متموجة وغير منتظمة النمو، كما يكون النبات متخشبًا ومتقزمًا. ويصاحب نقص العنصر ظهور عديد من العيوب الفسيولوجية؛ مثل تعفن الطرف الزهري في الطماطم والفلفل.

٥- المغنيسيوم:

يظهر اصفرار بين العروق في الأوراق السفلى للنبات، ثم يتغير لون هذه الأنسجة – تدريجيًا – إلى اللون البني، بينما تبقى العروق خضراء اللون وتكون بداية ظهور الأعراض في حواف الورقة، ثم تتجه – تدريجيًا – نحو مركزها. كما يؤدي نقص العنصر إلى تأخر الإزهار

٦- الكبريت:

تبدو الأوراق الحديثة صفراء اللون، ويكون الاصفرار أكثر وضوحًا في عروق الورقة، كما تظهر مناطق ميتة قرمزية اللون عند قواعد الأوراق.

ثانيا: العناصر النادرة:

إن طبيعة المزارع اللاأرضية تجعل من الممكن أن تظهر فيها أعراض نقص بعض العناصر النادرة بصورة أكثر وضوحًا مما فى الزراعات الحقلية؛ نظرًا لأن التربة نادرًا ما تكون خالية تمامًا من الصور الميسرة من هذه العناصر، بينما قد يحدث ذلك فى المزارع المائية أحيانًا

ومن أهم أعراض نقص العناصر النادرة، خاصة الأعراض التى تكثر فى المزارع المائية ما يلى:

١- الحديد

يظهر لون أصفر بين العروق فى الأوراق العليا ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجه بين العروق إلى اللون الأبيض العاجى، بينما تبقى العروق خضراء اللون

٢- الزنك.

يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق، بينما تبقى العروق خضراء اللون، وتكون الأوراق صغيرة، وضيقة، ومشوهة، ومتزاحمة على أفرع قصيرة، والسيقان متقزمة

٣- النحاس:

يؤدى نقص العنصر إلى ظهور اصفرار وشحوب وبهتان فى لون الأوراق، يتبعه فقدان اللون الأخضر كلية فى قمة الأوراق، فتبدو وكأنها محترقة. ويؤدى نقص النحاس الميسر للامتصاص عن نصف جزء فى المليون إلى تفلق ثمار الطماطم — أحيانا - فى الجو الحار

٤- البورون

يسبب نقص العنصر انهيارًا فى الأنسجة الميرستيمية النشطة فى الانقسام، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم، فتموت القمم النامية، وتتشوه الأوراق

الحديثة، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية فى أعضاء التخزين، ولكن أكثر الأعراض شيوعًا هى التفاف حواف الأوراق الصغيرة. وتكون سيقان النباتات التى تعانى نقص العنصر سهلة التكسر.

كما يؤدى نقص البورون إلى ظهور تشققات دائرية دقيقة وسطحية جدًا فى جلد ثمار الطماطم حول الأكتاف، وقد تظهر تشققات طولية مماثلة فى ثمار الفلفل تكون واضحة بصفة خاصة فى الصنف جالابينو Jalapeno.

٥- المنجنيز:

يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق الحديثة للنبات، ويلى ذلك ظهور بقع صغيرة ميتة ومتحللة على امتداد وسط الورقة، بينما تبقى العروق خضراء اللون.

٦- الموليبدنم:

يؤدى نقص العنصر إلى تشوه الأوراق الحديثة - حيث لا ينمو نصل الورقة بصورة منتظمة - مع موت البرعم الطرفى. وتقزم النمو.

أعراض التسمم الناشئ عند زيادة تركيز العناصر

لا تختلف أعراض التسمم النباتى الناشئة عن زيادة تركيز العناصر الغذائية فى المزارع اللاأرضية عما فى المزارع الحقلية، إلاَّ أن طبيعة المزارع اللاأرضية واعتمادها على محاليل مغذية يتم تحضيرها أولاً بأول يزيد من احتمالات ظهور حالات التسمم النباتى بها، بسبب عامل الخطأ الإنسانى الذى قد يحدث فى تحضير المحاليل المغذية، أو عند تعديل تركيز العناصر فى الحالات التى يستمر فيها استعمال المحاليل نفسها لعدة أسابيع.

هذا .. ولا تظهر أعراض التسمم إلاّ بعد زيادة تركيز الأملاح السمادية إلى أكثر من ثلاثة إلى أربعة أضعاف التركيز المناسب. أما قبل ذلك، فإن الأعراض لا تتعدى ظهور علامات التقسية أو الأقلمة على النباتات على شكل تقزم وتخشب فى النمو، مع تلون الأوراق باللون الأخضر القاتم.

ومما تجدر الإشارة إليه أن النباتات تتحمل الزيادة في تركيز عنصر ما عندما تكون بقية العناصر متوفرة بالتركيزات المناسبة بدرجة أكبر مما لو كان هناك نقص في بعض هذه العناصر وكمثال على ذلك نجد أن الطماطم تتحمل زيادة تركيز عنصر النحاس حتى جزء واحد في المليون عندما تتوفر العناصر الأخرى بالقدر المناسب، بينما تظهر عراض التسمم بالنحاس عند تركيز ٢٠ جزءا في المليون إن كان هناك نقص في العناصر الأخرى

ومن أهم أعراض التسمم النباتي التي تنشأ عن زيادة تركيز العناصر في المحاليل المغذية ما يلي:

١- تؤدي زيادة تركيز النيتروجين النتراتي في المراحل الأولى من نمو نباتات الطماطم (حتى ما قبل مرحلة عقد الثمار) إلى وقف امتصاص عنصر البورون، وموت القمة النامية، وقصر السيقان بوضوح، وتضخم الأزهار، مع قلة أو انعدام تكوُّن حبوب اللقاح بها (Larsen ١٩٨٢).

٢- تؤدي زيادة عنصر الفوسفور إلى ترسيب الحديد، وظهور أعراض نقصه

٣- يؤثر البوتاسيوم والكالسيوم كل منهما في الآخر، فتؤدي زيادة الكالسيوم إلى ظهور أعراض نقص البوتاسيوم. والعكس صحيح

٤- تؤدي زيادة عنصر الحديد إلى الإضرار بالجذور، وتقليل امتصاص المنجنيز وظهور أعراض نقصه كما قد يترسب الفوسفور. وتظهر أعراض نقصه كذلك

٥- تظهر أعراض التسمم من البورون عند زيادة تركيزه عن ٢٠ جزءًا في المليون، ويكون ذلك بظهور مناطق شفافة بأنسجة الأوراق على امتداد العروق لا تلبث أن تتحول إلى اللون البني.

٦- تظهر أعراض التسمم بالزنك على شكل تلون بين العروق باللون الأصفر

٧- تظهر أعراض التسمم بالنحاس إذا زاد تركيزه عن جزء واحد في المليون، ويكون ذلك على شكل اصفرار بين العروق، مع تلون باقي أنسجة الورقة باللون الأخضر الفاتح

أما عنصر الكبريت والكلور، فإن النباتات تتحمل زيادة تركيزهما إلى حد كبير ولعلاج حالات زيادة تركيز الأملاح يجب خفض التركيز المستعمل، أو تحضير محاليل مغذية أخرى، أو غسل البيئة التى تنمو فيها الجذور بالماء لعدة أيام

كما تعالج بعض الحالات الخاصة لزيادة العناصر كالتالى:

١- تعالج زيادة تركيز البورون بإضافة سليكات الصوديوم إلى الماء المستخدم فى غسل بيئة نمو الجذور بمعدل ١٢ جم لكل ٤٥٠ لتر ماء.

٢- تعالج زيادة تركيز عناصر الحديد، والمنجنيز، والزنك، بمعاملة بيئة نمو الجذور بمحلول ١٠٪ حامض كبريتيك لمدة ٢٤ ساعة.

العيوب الفسيولوجية التى تزداد فرصة ظهورها

لا توجد عيوب فسيولوجية خاصة بالمزارع المائية، ولكن تزداد فيها فرصة ظهور بعض العيوب الفسيولوجية التى يكون مردها إلى زيادة أو نقص تركيز بعض العناصر عن مداها المناسب للنمو النباتى، وخاصة فى النظام المغلق.

ومن أهم العيوب الفسيولوجية التى ترتبط بالعناصر المغذية، ما يلى:

١- تؤدى زيادة تركيز الأمونيوم إلى ظهور عدة عيوب فسيولوجية فى الطماطم، ويتم تجنبها بعدم زيادة نسبة الأمونيوم من الاحتياجات الكلية للنيتروجين عن ١٠٪.

٢- يؤدى انخفاض تركيز البوتاسيوم عن ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى خفض حموضة ثمار الطماطم مما يؤثر سلبيًا على جودة الثمار.

٣- يؤدى انخفاض تركيز الكالسيوم إلى ظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم واحتراق حواف الأوراق فى الخس.

٤- يؤدى زيادة تركيز الزنك إلى تسمم النباتات، ويحدث ذلك جراء ذوبان العنصر من أنابيب المياه المجلفنة. ويتم تجنب ذلك باستعمال أنابيب من الـ PVC.

طرق التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية

يمكن التعبير عن تركيز العنصر في المحاليل المغذية بإحدى الطرق التالية

١ - بالجزء في المليون (part per million، واختصارا ppm)

يحضر محلول بتركيز جزء واحد في المليون بإذابة جرام واحد من المادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء.

٢- بالمللى مولار (mM).

يحضر محلول بتركيز مولار واحد 1M (أو 1 molar) بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى لتر من الماء. ويحضر محلول بتركيز واحد مللى مولار 1 mM بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء.

٣- بالمللى مكافئ لتر (millequivalens/liter، واختصارًا me/l)

الوزن المكافئ بالجرام gram equivalent هو الوزن الجزيئى بالجرام مقسومًا على الشحنة valency (عدد الإليكترونات التى يمكن أن تفقد أو تكتسب فى المدار الخارجى للذرة)؛ فمثلا: الوزن المكافئ لملح كلوريد البوتاسيوم الذى يتكون من أيونات أحادية هما البوتاسيوم (K^+) والكلور (Cl^-) هو نفسه الوزن الجزيئى أو المول. أما ملح كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) الذى يوجد به أيون ثنائى الشحنة هو الكبريتات (SO_4^{--})، فإن وزنه المكافئ يكون مساويًا لنصف وزنه الجزيئى.

وبناء على ما تقدم.. فإن محلولين من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم لهما التركيز نفسه بالمللى مكافئ/لتر سيكون بكل منهما التركيز نفسه من البوتاسيوم، لكن سيكون أيون الكلور فى أحدهما ضعف تركيز أيون الكبريتات فى الآخر.

ويفضل التعبير عن التركيز بالمللى مكافئ/لتر عند الرغبة فى مقارنة تركيز عنصر ما فى محاليل تحضر بإذابة أملاح مختلفة فى شحنات الأيونات المكونة لها.

ولمزيد من التوضيح .. فإن:

أ- الوزن المكافئ للعنصر يساوى وزنه الذرى مقسوما على تكافئه. ويراعى أن العنصر

الواحد قد يكون له أكثر من تكافؤ، مثل الحديد (تكافؤ الحديدوز = ٢، بينما تكافئ الحديديك = ٣).

ب- الوزن المكافئ للحامض يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ما يحتويه من ذرات الأيدروجين (ذرة أيدروجين واحدة - مثلاً - فى حامض الأيدروكلوريك، مقابل ذرتى أيدروجين فى حامض الكبريتيك، وثلاث ذرات فى حامض الفوسفوريك).

جـ- الوزن المكافئ للقلوى يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ما يحتويه من مجموعات الأيدروكسيل (مجموعة أيدروكسيل واحدة - مثلاً - فى أيدروكسيد البوتاسيوم، مقابل مجموعتى أيدروكسيل فى أيدروكسيد الكالسيوم، وثلاث مجموعات فى أيدروكسيد الحديديك).

د- الوزن المكافئ للملح (المركب) يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ذرات القاعدة التى توجد فى الملح مضروبًا فى تكافئها. فمثلاً .. يكون:

الوزن المكافئ لفوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 = $\frac{١٣٦}{١}$ = ١٣٦ جم.

الوزن المكافئ لفوسفات أحادى الكالسيوم $CaHPO_4$ = $\frac{١٣٦}{٢}$ = ٦٨ جم.

الوزن المكافئ لفوسفات ثلاثى الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ = $\frac{٣١٠}{٦}$ = ٥١,٧ جم.

٤- بالضغط الأسموزى:

يعبر عن الضغط الأسموزى بوحدات الضغط الجوى، علمًا بأن ١ ضغط جوى = ١٤ ٧ رطلاً/بوصة مربعة = ١.٠٣٣ كجم/سم^{٢} (Resh ١٩٨٥، وحبيب وآخرون ١٩٩٣)

الرقم الأيدروجينى (pH) للمحاليل المغذية

يتراوح الرقم الأيدروجينى المناسب للمحاليل المغذية (فى كل من النُظُم المغلقة التى يُعاد فيها ضخ المحاليل، والنظم المفتوحة التى تستعمل فيها المحاليل المغذية مرة واحدة) بين ٥،٥ و ٦،٥. وهو يتأثر بدرجة كبيرة بالتوازن بين أيونى النترات NO_3^-، والأمونيوم NH_4^+ ويفضل دائما أن يكون النيتروجين الأمونيومى فى حدود ٢٥٪ من النيتروجين الكلى، وألاّ يقل عن ١٠٪.

ومع تواجد النيتروجين فى صورة نترات يرتفع pH المحلول المغذى تدريجيًا؛ بسبب امتصاص النباتات لأيون النترات، واستبداله بأيون البيكربونات HCO_3، الذى يكوّن جزئ الكربونات، الأمر الذى يؤدى إلى إزالة أيونات الأيدروجين، وبذا يرتفع الـ pH.

ويؤثر pH المحاليل المغذية على امتصاص العناصر الدقيقة؛ فيؤدى انخفاض الـ pH عن ٥ إلى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى درجة السمية. كما يؤدى ارتفاع الـ pH عن ٧،٥ إلى ترسيب الفوسفور، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والحديد، والمنجنيز، وجعلهم فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات.

وتحدث أضرار شديدة لجذور النباتات إذا انخفض pH المحاليل المغذية عن ٤،٠.

هذا.. ويلزم فى حالة المزارع اللاأرضية التى تستخدم فيها بيئات صلبة لنمو الجذور وتستعاد فيها المحاليل المغذية لإعادة استعمالها من جديد — إمرار المحلول المغذى فى المزرعة لمدة ٥-١٠ دقائق بعد تحضيره، ثم استعادته وقياس رقمه الأيدروجينى مرة أخرى، وتعديله إلى المجال المناسب إن لزم الأمر(Collins & Jensen ١٩٨٣). وتجدر الإشارة إلى أن pH المحاليل المغذية سريع التغير، نظرًا لعدم وجود أى قدرة تنظيمية buffering capacity به.

ومع استمرار استعمال المحلول المغذى يقاس رقمه الأيدروجينى يوميًا، ويعدل عند الضرورة إما بحامض الكبريتيك (أو النيتريك)، وإما بأيدروكسيد الصوديوم (أو الأمونيوم). وقد تجرى أتمتة عملية المحافظة على الرقم الأيدروجينى فى مجال معين

(يكون عادة من ٦,٠ إلى ٦,٢)، بحيث يجرى القياس ويتم إجراء التعديل اللازم تلقائيًا أولاً بأول.

ويتم القياس اليدوى للرقم الأيدروجينى – يوميًا – بأخذ عينة من خزان المحلول بعد إضافات الماء والعناصر المغذية إليه. ويجرى القياس إما باستعمال جهاز قياس الرقم الأيدروجينى pH meter، وإما باستعمال دليل لونى يتغير لونه حسب الرقم الأيدروجينى فى مدى pH من ٥ إلى ٧ يُضاف الدليل إلى عينة من المحلول المغذى، ويقارن اللون بلوحات لونية قياسية توضح اللون فى مختلف مستويات الـpH (عن Wilcox ١٩٨٢).

خطوات تحضير المحاليل المغذية

الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية

توجد أمور عامة تلزم مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية نوجزها فيما يلى

١– يفضل استعمال الأسمدة التجارية العادية كمصدر للعناصر الأولية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) لرخص ثمنها.

٢– يفضل استعمال مساحيق الأسمدة، مع تجنب استعمال الأسمدة المحببة granular لصعوبة إذابتها.

٣– يمكن الاسترشاد بالقاعدة التالية عند تحضر محلول العناصر المغذية الكبرى (وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت) تستعمل نترات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم، كما أنها توفر جزءًا من الآزوت فى صورة نترات. وتضاف الاحتياجات المتبقية من النترات فى صورة نترات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعضًا من احتياجات البوتاسيوم أما باقى البوتاسيوم اللازم، فيمكن الحصول عليه من كبريتات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعض الكبريت أما باقى الكبريت اللازم، فيحصل عليه من أملاح الكبريتات الأخرى، مثل كبريتات المغنيسيوم التى يمكن استعمالها كمصدر للمغنيسيوم.

٤- تتبع الخطوات التالية عند وزن وإذابة الأملاح السمادية المختلفة في حالة المزارع اللاأرضية التي تستعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استعمالها

أ- توزن أملاح الأسمدة منفردة، وترتب في كومات على شرائح من البوليثيلين، حتى لا يفقد منها شئ ويجب ان يكون الوزن بدقة، وألاّ يتعدى الخطأ ± ٥٪

ب- يملأ خزان المحلول بالماء إلى ٩٠٪ من حجمه النهائي

جـ- يذاب كل سماد منفردًا في دلو كبير به ماء، ثم يفرغ السماد المذاب في خزان المحلول مع التقليب، ويكرر ذلك مع كل سماد ويستعمل ماء ساخن بالنسبة للأملاح الصعبة الذوبان

د- تذاب العناصر الصغرى أولاً، ثم العناصر الكبرى

هـ- يمكن في التحضيرات الصغيرة خلط كل أملاح الكبريتات معًا، وكذلك كل أملاح النترات، وكل أملاح الفوسفات

٥- أما في حالة المزارع اللاأرضية التي لا تستعاد فيها المحاليل المغذية المستعملة في الري، فإنه يتم تحضير محاليل سمادية مركزة Stock Solutions من مختلف العناصر الغذائية. تحقن في مياه الري بالقدر المناسب؛ ليصبح ماء الري محلولاً سماديًا مناسبًا للنمو النباتي وقد تحضر كميات من المحاليل السمادية المركزة لاستعمالها — كذلك — في تعديل تركيز المحاليل المغذية المستعملة في النظم المغلقة

ولتحضير المحاليل المركزة يجب أن تؤخذ في الحسبان درجة ذوبان مختلف الأملاح، والتفاعلات التي تحدث بينها، والأملاح التي تنتج من تلك التفاعلات ودرجة ذوبانها فإن أذيبت الأملاح السمادية بتركيزات عالية — كما في المحاليل المركزة — فإن الأملاح الجديدة التي تنتج من تفاعل الأملاح المذابة قد تكون قليلة الذوبان في الماء، مما يؤدي إلى ترسبها وتجدر الإشارة إلى أن هذا الترسب لا يحدث في المحاليل المغذية التي توجد فيها الأملاح السمادية بتركيزات منخفضة، نظرًا لأن تكوّن الأملاح القليلة الذوبان يحدث فيها بكميات قليلة، فتبقى ذائبة في المحلول المغذي؛ لأن كمية الماء فيه كبيرة.

ولا شك أن أكثر الوسائل أمانًا لتجنب ترسيب الأملاح في المحاليل المركزة هو

بتحضير محلول مركز مستقل لكل عنصر، ولكن ذلك غير عملى. ويتم — عادة — خلط معظم الأملاح معًا، مع مراعاة ما يلى:

١- عدم خلط نترات الكالسيوم — التى توجد بأعلى تركيز — مع كبريتات المغنيسيوم؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى ترسب الكالسيوم فى صورة كبريتات الكالسيوم.

٢- عمل محلول مركّز من نترات الكالسيوم مع الحديد المخلبى فقط.

٣- عمل محلول مركز من جميع الأملاح الأخرى معًا، مع ملاحظة إذابة كبريتات النحاس أولاً فى كمية من الماء، ثم إضافة المحلول الناتج إلى محلول بقية العناصر.»

وقد تحضر ثلاثة محاليل سمادية مركزة؛ يحتوى إحداها على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى، ويحتوى الثانى على بقية العناصر الكبرى، بينما يحتوى الثالث على بقية العناصر الصغرى.

كما قد تحضر أربعة محاليل سمادية مركزة مختلفة خاصة بالعناصر الكبرى، ومحلول قياسى خامس للحديد، وسادس لباقى العناصر الدقيقة، كما فى حالة تحضير محلول هوجلاند المغذى.

وكقاعدة عامة .. فإن نترات الكالسيوم يمكن أن تتفاعل مع المواد الفوسفورية، وينتج عن ذلك تكوين فوسفات الكالسيوم غير الذائبة، كما يمكنها التفاعل مع سلفات المغنيسيوم لتكوين الجبس؛ لذا .. فإنه يتعين عمل محلولين غذائيين مركزين يحتوى أحدهما على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى، ويحتوى الآخر على باقى العناصر. ويتم الخلط بينهما — فى صورة مخففة — عند التسميد، علمًا بأن التفاعلات المذكورة أعلاه لا تكون محسوسة فى المحاليل المخففة (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

وعند تحضير المحاليل المغذية .. يُفيد استخدام الماء الساخن فى إذابة الأسمدة. وبينما لا يحتاج الأمر لأكثر من مُقلِّب بسيط عند تحضير الكميات الصغيرة من المحاليل المغذية، فإنه يلزم استعمال خضاض آلى عند تحضير الكميات الكبيرة.

ومن الأفضل تحضير عدد من الكميات الصغيرة — كل على انفراد — ثم تفريغها فى

خزان كبير ويكفي -- غالبا — للمساحات المحمية الصغيرة (صوبة أو صوبتان) خزانات سعة ١٠٠—٢٠٠ لتر ويعتمد إعادة ملئ خزانات المحاليل المغذية لمزارع البرليت والصوف الصخرى على الوقت من السنة. ومعدل النمو المحصولى. ويجرى — عادة — كل ٣—٤ أيام حتى كل ١٠ أيام حسب حجم التانك السمادى المستعمل أما فى تقنية الغشاء المغذى، فإن إعادة ملئ الخزانات يكون أكثر انتظاما خلال موسم النمو، بسبب الحاجة لغسيل وشطف خزان تجميع المحلول المغذى بصورة روتينية.

يلزم استعمال خزانين للمحاليل المغذية، ذلك لأن بعض الأملاح تتفاعل مع أملاح أخرى عند تواجدهما معًا فى خزان واحد. وأكثر الأملاح التى تتكون جراء تفاعلات كهذه فوسفات الكالسيوم التى تنتج عن تفاعل نترات الكالسيوم مع المركبات الفوسفاتية، وكبريتات الكلسيوم التى تنتج عن تفاعل نترات الكالسيوم مع كبريتات المغنيسيوم ولتفادى تلك التفاعلات يجب أن يحتوى أحد المحلولين القياسيين على أملاح مثل نترات البوتاسيوم، ونترات الكالسيوم، والحديد المخلبى، وأن يحتوى المحلول القياسى الآخر على أملاح مثل مصدر الفوسفور، وسلفات المغنيسيوم، والعناصر الصغرى، وكلوريد البوتاسيوم، ونترات البوتاسيوم

وبعد إضافة محاليل مختلف الأسمدة التى تم تحضيرها إلى خزان المحلول المغذى يضاف الماء إلى المستوى المرغوب فيه. ثم يقلب يترك التانك بعد ذلك ساكنا لبضع ساعات إلى أن تترسب العوالق ويصبح المحلول رائقا وغالبا ما يتكون راسب وَحْلى فى قاع الخزان الذى يحتوى على نترات الكالسيوم أو البوتاسيوم، ويرجع هذا الراسب إلى وجود إضافات معينة لبعض الأسمدة تكون بهدف منع التكتل ومنع تكوين الغبار عند التداول هذه المواد ليست قابلة للذوبان، وتترسب فى قاع الخزان ولذا . تحتاج خزانات المحاليل المغذية القياسية للغسيل بالماء وتشطف على فترات للتخلص من تلك الرواسب. ويمكن تجنب حدوث تلك الظاهرة إما باستعمال أملاح بدرجة أعلى من النقاوة (technical grade)، وإما باستعمال محاليل سمادية رائقة نُقلتْ من وعائها الذى حضرت فيه إلى وعاء آخر دون نقل للرواسب)، مثل نترات الكالسيوم السائلة (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

طريقة حساب الكميات اللازمة من مختلف الأسمدة لتحضير المحاليل المغذية

يمكن حساب الكميات اللازمة من الأملاح السمادية المختلفة لتحضير المحاليل المغذية. كما في المثال التالي:

إذا كان التركيز المطلوب للكالسيوم في المحلول المغذى هو ٢٠٠ جزء من المليون، فإن يلزم ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم في كل لتر من الماء. فإذا علمنا أن كل ١٦٤ ملليجرام من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ يوجد بها ٤٠ ملليجرام كالسيوم (من واقع الوزن الجزيئي لنترات الكالسيوم. والوزن الذرى للكالسيوم. ومع فرض ١٠٠٪ نقاوة)، فإن أول خطوة تكون هي حساب كمية نترات الكالسيوم اللازمة للحصول على ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم كالتالى:

١٦٤ ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٤٠ ملليجرام كالسيوم.

س ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم.

$$س = \frac{١٦٤ \times ٢٠٠}{٤٠} = ٨٢٠$$ ملليجرام نترات كالسيوم

فإذا أذيب ٨٢٠ ملليجرام نترات كالسيوم في لتر من الماء، فإننا نحصل على كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء من المليون.

وهذا بفرض أن ملح الكالسيوم المستعمل نقى تمامًا. فإن لم يكن كذلك (وهو الأمر الغالب) لزم إضافة المزيد من نترات الكالسيوم لتعويض النقص الناشئ عن عدم النقاوة. فمثلاً اذا كانت درجة نقاوة نترات الكالسيوم ٩٠٪، فإنه يجب أن تكون الكمية المستعملة منها هي $\frac{١٠٠}{٩٠} \times ٨٢٠ = ٩١١$ ملليجرام. وبذلك .. فإنه عند إذابة ٩١١ ملليجرام من نترات كالسيوم ذات نقاوة ٩٠٪ في لتر من الماء، فإنها تعطى كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء من المليون.

وطبيعى أن تلزم فى معظم الأحوال كميات أكبر من لتر من المحلول المغذى. ويتطلب ذلك معرفة الاحتياجات المائية أولاً.

وعمومًا فإن س ملليجرام من المركب السمادى فى اللتر = س جم من المركب نفسه فى المتر المكعب

أى إن الكمية التى تلزم من نترات الكالسيوم لكل متر مكعب من المحلول السمادى = ٩١١ جم.

ويمكن دمج الخطوات السابقة فى معادلة واحدة كالتالى:

$$W = \frac{CM}{A} \; \frac{100}{P} \; K$$

حيث إن

W = الوزن اللازم من السماد معبرًا عنه بالجرام/م^3

C = التركيز المطلوب من العنصر، معبرًا عنه بالجزء فى المليون

M = الوزن الجزيئى للسماد المستعمل.

A = الوزن الذرى للعنصر المطلوب

P = نسبة نقاوة السماد المستعمل

K = عامل التحويل من المليجرام/لتر إلى الجرام/م^3.

وفى المثال السابق نجد أن:

$$W = \frac{٢٠٠ \times ١٦٤}{٤٠} \times \frac{١٠٠}{٩٠} \times ١٠ = ٩١١ \text{ جم/م}^3$$

وإذا كان المركب المستعمل يحتوى على أكثر من عنصر ضرورى للنبات (وتلك هى الحالة الغالبة)، فإن يجب حساب الكميات التى تم تأمينها من العناصر الأخرى عندما تم توفير كافة الاحتياجات من العنصر الأول.

فنترات الكالسيوم التى استعملت تحتوى على كالسيوم ونيتروجين، ولذلك .. فإن الخطوة التالية تكون حساب كمية النيتروجين التى أضيفت بعدما وفرت كل احتياجات الكالسيوم كالتالى:

الكمية المضافة من النيتروجين:

$$\frac{١٤ \times ٢}{١٦٤} \times ٨٢٠ = ١٤٠$$ ملليجرام / لتر (جزء فى المليون)

وهذا الحساب يجب أن يتم مع استعمال نظام الجزء فى المليون كالتالى:

$$C_{E2} = \frac{A_{E2}}{M} \frac{C_{E1} M}{A_{E1}} = \frac{A_{E2} C_{E1}}{A_{E1}}$$

حيث إن:

C_{E1} = تركيز العنصر الأول المطلوب بالجزء فى المليون.

C_{E2} = الجزء فى المليون المتوفر من العنصر الثانى المطلوب.

A_{E1} = الوزن الذرى الكلى للعنصر الأول.

A_{E2} = الوزن الذرى للعنصر الثانى.

M = الوزن الجزيئى للمادة المستعملة.

والخطوة التالية تكون هى حساب الكميات الإضافية من العنصر السمادى الثانى التى يلزم توفيرها من مركب سمادى آخر. فمثلاً .. إذا كان المطلوب ١٥٠ جزءًا فى المليون من الآزوت فى المحلول المغذى، إذاً الكمية المتبقية اللازمة = ١٥٠ — ١٤٠ = ١٠ أجزاء فى المليون من الآزوت. وهذه الكمية يمكن الحصول عليها من نترات البوتاسيوم، فتكون كمية نترات البوتاسيوم اللازمة للحصول على ١٠ أجزاء فى المليون من النيتروجين هى:

$$W_{KNO_3} = \frac{C_N M_{KNO_3}}{A_N} \frac{100}{P} K$$

$$= \frac{10 X 101}{14} \frac{100}{95} 1.0$$

$$= 75.9 \ g/m^3$$

أى حوالى ٧٦ جرامًا لكل متر مكعب، وهكذا تستمر الحسابات بالطريقة نفسها لجميع العناصر الضرورية.

وإذا أدى توفير الاحتياجات من أحد العناصر إلى زيادة تركيز أحد العناصر الأخرى عن الحد المناسب. فإنه يجب توفير احتياجات العنصر الثانى أولاً، ثم استعمال سماد آخر فى تأمين بقى الاحتياجت من العنصر الأول (Resh ١٩٨٥)

ويتطلب إجراء حسابات كميات الأسمدة اللازمة معرفة الأوزان الذرية لمختلف العناصر التى تدخل – عادة – فى تركيب المحالين المغذية، وهى كما يلى.

العنصر	رمزه	وزنه الذرى
الكربون	C	١٢,٠١
الإيدروجين	H	١,٠٠٨
الاوكسجين	O	١٦,٠٠
سيتروجين	N	١٤,٠١
الفوسفور	P	٣٠,٩٧
البوتاسيوم	K	٣٩,١٠
الكالسيوم	Ca	٤٠,٠٨
المغنيسيوم	Mg	٢٤,٣١
الكبريت	S	٣٢,٠٦
الحديد	Fe	٥٥,٨٥
البورون	B	١٠,٨١
النحاس	Cu	٦٣,٥٤
المنجنيز	Mn	٥٤,٩٤
الموليبدنم	Mo	٩٥,٩٤
الزنك	Zn	٦٥,٣٧
الكلورين	Cl	٣٥,٤٥
الصوديوم	Na	٢٢,٩٩
الألومنيوم	Al	٢٦,٩٨
السيلنيم	Se	٧٨,٩٦
السيليكون	Si	٢٨,٠٩

الأسمدة التى يشيع استخدامها فى تحضير المحاليل المغذية

يتضمن جدول (٤-٥): قائمة بأسماء أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية. مع بيان الاسم التجارى، والتركيب الكيميائى، والوزن الجزيئى لكل منها، وكذلك العناصر الغذائية التى توجد بها، ودرجة ذوبانها فى الماء، وتكلفتها. ويفيد هذا الجدول فى تخيُّر الأسمدة التى يمكن استعمالها كمصادر للعناصر المختلفة.

كما يبين جدول (٤-٦) كيفية حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات المطلوبة من العناصر أو العكس.

أما جدول (٤-٧) فإنه يعطى النسبة المئوية للنقاوة فى أهم الأسمدة التجارية المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى.

ولتسهيل العمليات الحسابية. فإن جدول (٤-٨) يعطى الكمية اللازمة من الملح السمادى بالجرام لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر المعنى ويشتمل الجدول على ٢١ سمادًا تعتبر أهم المصادر الشائعة لجميع العناصر الغذائية

جدول (٤-٥): أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
العناصر الكبرى:					
نترات البوتاسيوم	١٠١,١	K^+	١ : ٤	منخفضة	سريع الذوبان
KNO_3		NO_3^-			رخيص الثمن
نترات الكالسيوم	١٦٤,١	Ca^{++}	١ : ١	متوسطة	
$Ca(NO_3)_2$		$2(NO_3)^-$			
كبريتات الأمونيوم	١٣٢,٢	$2(NH_4^+)$	١ . ٢	متوسطة	
$(NH_4)_2SO_4$		SO_4			

تابع جدول (٤-٥)

الاسم التجاري للسماد ورمزه الكيميائي	الوزن الجزيئي	العناصر التي يوفرها	درجة الذوبان في الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
فوسفات الأمونيوم ثنائي الايدروجين $NH_2H_2PO_4$	١١٥,٠	NH_4^+ H_2PO_4	١ ٤	متوسطة	لا تستخدم هذه المركبات إلا تحت ظروف الإضاءة الجيدة أو لعلاج حالة نقص الآزوت
فوسفات الأمونيوم أحادى الأيدروجين $(NH_4)_2HPO_4$	١٣٢,١	$2(NH_4^+)$ HPO_4^{--}	١ : ٢	متوسطة	مثل السماد السابق
فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4	١٣٦,١	$H_2PO_4^-$ K^+	١ ٣	مرتفعة جداً	مثل السماد السابق
كلوريد البوتاسيوم KCl	٧٤,٥٥	K^+ Cl	١ ٣	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص البوتاسيوم، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم في الماء
كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4	١٧٤,٣	$2K^+$ SO_4	١ ١٥	منخفضة	تجب إذابته في الماء الساخن
فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2H_2O$	٢٥٢,١	$2H_2PO_4^-$ Ca^{++}	١ ٦٠	منخفضة	
سوبر فوسفات ثلاثى $CaH_4(PO_4)_2$	يختلف	Ca^{++} $2PO_4^{--}$	١ : ٣٠٠	منخفضة	لا يستخدم غالبًا لضعف ذوبانه في الماء
كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4.7H_2O$	٢٤٦,٥	Mg^{++} SO_4	١ ٢	منخفضة	

تابع جدول (٤-٥).

الاسم التجاري للسماد ورمزه الكيميائي	الوزن الجزيئي	العناصر التي يوفرها	درجة الذوبان في الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$	٢١٩,١	Ca^{++} $2Cl^{-}$	١ : ١	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص الكالسيوم، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم في الماء
حامض الفوسفوريك H_3PO_4	٩٨,٠	PO_4^{---}	حامض مركز		يستعمل – خاصة – لعلاج نقص الفوسفور
العناصر الصغرى:					
كبريتات الحديدوز $FeSO_4.7H_2O$	٢٧٨,٠	Fe^{++} SO_4^{--}	١ : ٤		
كلوريد الحديديك $FeCl_3.6H_2O$	٢٧٠,٣	F^{+++} $3Cl^{-}$	١ : ٢		
حديد مخلبي FeEDTA (١٠,٥٪ حديد)	٢٨٢,١	Fe^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	أفضل مصادر الحديد يذاب في الماء الساخن
حامض البوريك H_3BO_3	٦١,٨	B^{+++}	١ : ٢٠	مرتفعة	أفضل مصادر البورون يذاب في الماء الساخن
بوراكس او تترابورات الصوديوم $Na_2B_4O_7.10H_2O$	٣٨١,٤	B^{+++}	١ · ٢٥		
كبريتات النحاس $CuSO_4.5H_2O$	٢٤٩,٧	Cu^{++} SO_4^{--}	١ : ٥	منخفضة	
كبريتات المنجنيز $MnSO_4.4H_2O$	٢٢٣,١	Mn^{++} SO_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد المنجنيز $MnCl_2.4H_2$	١٩٧,٩	Mn^{++} $2Cl^{-}$	١ : ٢	منخفضة	

تابع جدول (٤–٥).

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2$	٢٨٧,٦	Zn^{++} SO_4^{--}	١ : ٣	منخفضة	
كلوريد الزنك $ZnCl_2$	١٣٦,٣	Zn^{++}	١ : ١,٥	منخفضة	
موليبدات الامونيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	١١٦٣,٩	$2Cl^-$ NH_4^+ Mo^{+6}	١ : ٢,٣	مرتفعة نوعًا	
زنك مخلبى ZnEDTA	٤٣١,٦	Zn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	
منجنيز مخلبى MnEDTA	٣٨١,٢	Mn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	

جدول (٤–٦) طريقة حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات اللازمة من العناصر أو العكس (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠)

تضرب الكمية المطلوبة من	فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
الأمونيا – Ammonia-NH_3	4.700	نترات الأمونيوم – Ammonium nitrate-NH_4NO_3
الأمونيا – Ammonia-NH_3	3.879	كبريتات الأمونيوم – Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
الأمونيا – Ammonia-NH_3	0.823	النيتروجين – Nitrogen-N
نترات الأمونيوم Ammonium nitrate-NH_4NO_3	0.350	النيتروجين – Nitrogen-N
كبريتات الأمونيوم Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$	0.212	النيتروجين – Nitrogen-N
البوراكس – Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$	0.114	البورون – Boron-B
حامض البوريك – Boric Acid H_3BO_3	0.177	البورون – Boron-B
البورون – Boron-B	8.813	البوراكس – Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$
البورون – Boron-B	5.716	حامض البوريك – Boric acid-H_3BO_3
الكالسيوم – Calcium-Ca	1.399	اوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
الكالسيوم – Calcium-Ca	2.498	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
الكالسيوم – Calcium-Ca	1.849	أيدروكسيد الكالسيوم – Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
الكالسيوم – Calcium-Ca	4.296	كبريتات الكالسيوم – Calcium sulfate $CaSO_4.2H_2O$ (gypsum)

تابع جدول (٤–٦).

تضرب الكمية المطلوبة من	فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.400	الكالسيوم – Calcium-Ca
كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.741	أيدروكسيد الكالسيوم Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.560	أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.403	أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO
كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.842	كربونات المغنيسيوم – Magnesium carbonate-$MgCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم – Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	0.541	الكالسيوم – Calcium-Ca
أيدروكسيد الكالسيوم – Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	1.351	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم – Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	0.756	أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO	0.715	الكالسيوم – Calcium-Ca
أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO	1.785	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO	1.323	أيدروكسيد الكالسيوم Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO	3.071	كبريتات الكالسيوم Calcium sulfate - $CaSO_4.2H_2O$ (gypsum)
الجبس Gypsum-$CaSO_4.2H_2O$	0.326	أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
الجبس Gypsum-$CaSO_4.2H_2O$	0.186	الكبريت – Sulfur-S
أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO	2.480	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO	0.603	المغنيسيوم – Magnesium-Mg
أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO	2.092	كربونات المغنيسيوم – Magnesium carbonate-$MgCO_3$
أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO	2.986	كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4$
أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO	6.114	كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate- $MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)
المغنيسيوم – Magnesium-Mg	4.116	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
المغنيسيوم – Magnesium-Mg	1.658	أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO
المغنيسيوم – Magnesium-Mg	3.466	كربونات المغنيسيوم – Magnesium Carbonate-$MgCO_3$
المغنيسيوم – Magnesium-Mg	4.951	كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4$
المغنيسيوم – Magnesium-Mg	10.136	كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4$ $MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)
كربونات المغنيسيوم – Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	1.187	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
كربونات المغنيسيوم – Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	0.478	أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
كربونات المغنيسيوم – Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	0.289	المغنيسيوم – Magnesium-Mg

تابع جدول (٤–٦)

تضرب الكمية المطلوبة من	فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4$	0.335	أوكسيد المغنيسيوم – Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4$	0.202	المغنيسيوم – Magnesium-Mg
كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)	0.164	أوكسيد المغنيسيوم Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم – Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)	0.099	المغنيسيوم – Magnesium-Mg
المنجنيز – Manganese-Mn	2.749	كبريتات المنجنيز – Manganese(ous) sulfate-$MnSO_4$
المنجنيز – Manganese-Mn	4.060	كبريتات المنجنيز – Manganese(ous) sulfate $MnSO_4.4H_2O$
كبريتات المنجنيز – Manganese(ous) sulfate-$MnSO_4$	0.364	المنجنيز – Manganese-Mn
كبريتات المنجنيز – Manganese(ous) Sulfate-$MnSO_4.4H_2O$	0.246	المنجنيز – Manganese-Mn
النترات – Nitrate-NO_3	0.226	النيتروجين – Nitrogen-N
النيتروجين – Nitrogen-N	1.216	الأمونيا – Ammonia-NH_3
النيتروجين – Nitrogen-N	2.856	نترات الأمونيوم – Ammonium nitrate-NH_4NO_3
النيتروجين – Nitrogen-N	4.716	كبريتات الأمونيوم – Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
النيتروجين – Nitrogen-N	4.426	النترات – Nitrate-NO_3
النيتروجين – Nitrogen-N	6.068	نترات الصوديوم Sodium nitrate-$NaNO_3$
النيتروجين – Nitrogen-N	6.250	البروتين – Protein
خامس أوكسيد الفوسفور Phosphoric acid-P_2O_5	0.437	الفوسفور – Phosphorus-P
الفوسفور – Phosphorus-P	2.291	خامس أوكسيد الفوسفور – Phosphoric acid-P_2O_5
أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O	1.583	كلوريد البوتاسيوم – Potassium chloride-KCl
أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O	2.145	نترات البوتاسيوم – Sodium nitrate-$NaNO_3$
أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O	0.830	البوتاسيوم – Potassium-K
أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O	1.850	كبريتات البوتاسيوم – Potassium sulfate-K_2SO_4
البوتاسيوم – Potassium-K	1.907	كلوريد البوتاسيوم – Potassium chloride-KCl
البوتاسيوم – Potassium-K	1.205	أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O
البوتاسيوم – Potassium-K	2.229	كبريتات البوتاسيوم – Potassium sulfate-K_2SO_4
كلوريد البوتاسيوم – Potassium chloride-KCl	0.632	أوكسيد البوتاسيوم – Potash-K_2O

تابع جدول (٤-٦)

تضرب الكمية المطلوبة من		في	للحصول على الكمية المطلوبة من	
كلوريد البوتاسيوم -	Potassium Chloride-KCl	0.524	البوتاسيوم -	Potassium-K
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.466	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.387	البوتاسيوم -	Potassium-K
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.540	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.449	البوتاسيوم -	Potassium-K
نترات الصوديوم -	Sodium nitrate-$NaNO_3$	0.165	النيتروجين -	Nitrogen-N
الكبريت	Sulfur-S	5.368	كبريتات الكالسيوم -	Calcium sulfate-$CaSO_4.2H_2O$ (Gypsum)
الكبريت	Sulfur-S	2.497	ثالث أوكسيد الكبريت -	Sulfur trioxide-SO_3
الكبريت	Sulfur-S	3.059	حامض الكبريتيك -	Sulfuric acid-H_2SO_4
ثالث أوكسيد الكبريت -	Sulfur trioxide-SO_3	0.401	الكبريت -	Sulfur-S
حامض الكبريتيك -	Sulfuric acid-H_2SO_4	0.327	الكبريت -	Sulfur-S

جدول (٤-٧) نسبة النقاوة في بعض الأسمدة التجارية الهامة.

السماد	النقاوة (٪)
فوسفات الأمونيوم	٩٨
كبريتات الأمونيوم	٩٤
نترات الأمونيوم النقية	٩٨
نترات البوتاسيوم	٩٥
نترات الكالسيوم	٩٠
فوسفات احادى الكالسيوم	٩٢
كبريتات البوتاسيوم	٩٠[أ]
كلوريد البوتاسيوم	٩٥
كبريتات المغنيسيوم	٤٥
كلوريد الكالسيوم	٧٥
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	٧٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٨

(أ) استبعد ماء التبلور عند حساب نسبة النقاوة.

جدول (٤-٨) كمية السماد التى تلزم لتحضير متر مكعب واحد من محلول مغذ بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر الذى يوفره السماد

السماد وتحليله	العنصر الذى يوفره السماد	الكمية (جم)
كبريتات الامونيوم (٢١ - صفر - صفر)	نيتروجين	٤,٧٦
نترات الكالسيوم (١٥,٥ - صفر - صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
	كالسيوم	٤,٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ - صفر - ٣٦,٩)	نيتروجين	٧,٣٠
	بوتاسيوم	٢,٦٠
نترات الصوديوم (١٥,٥ - صفر - صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
اليوريا (٤٦ - صفر - صفر)	نيتروجين	٢,١٧
نتروفوسكا (١٥ - ٦,٥ - ٢١,٥)	نيتروجين	٦,٦٠
	فوسفور	١٥,٠٠
	بوتاسيوم	٨,٣٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر - ٢٢,٥ - ٢٨)	بوتاسيوم	٣,٥٣
	فوسفور	٤,٤٥
كبريتات البوتاسيوم (صفر - صفر - ٤٣)	بوتاسيوم	٢,٥٠
كلوريد البوتاسيوم (صفر - صفر - ٤٩,٨)	بوتاسيوم	٢,٠٥
فوسفات احادى الكالسيوم (صفر - ٢٠,٨ - صفر)	فوسفور	٤,٧٨
فوسفات أحادى الأمونيوم (١١ - ٢٠,٨ - صفر)	فوسفور	٤,٧٨
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	كالسيوم	٤,٨٠
حامض البوريك	بورون	٥,٦٤
كبريتات النحاس	نحاس	٣,٩١
كبريتات الحديدوز	حديد	٥,٤
حديد مخلبى ٩٪	حديد	١١,١٠
كبريتات المنجنيز	منجنيز	٤,٠٥
كبريتات المغنيسيوم المدرج (ملح إبسوم)	منجنيز	١٠,٧٥
ثالث أكسيد الموليبدنم MoO_3	موليبدنم	١,٥٠
موليبدات الصوديوم	موليبدنم	٢,٥٦
كبريتات الزنك	زنك	٤,٤٢

تؤكد دراسات Wang (١٩٩٠) على الفلفل أن استعمال أيون الحديدوز كان أفضل من استعمال أيون الحديديك؛ فقد كان الوزن الجاف الكلي للنباتات عند استعمال أيون الحديديك ٦٠٪ من وزنها عند استعمال أيون الحديدوز. كما كان لشحنة أيون الحديد تأثير مماثل على الوزن الطازج للنباتات وطول الجذور.

أمثلة للمحاليل المغذية المستعملة تجاريًّا

تقترب معظم المحاليل المغذية في تركيبها من محاليل هوجلاند المغذية؛ ولذا .. فسنبدأ بشرح طريقة تحضيرها بالتفصيل. ثم نتابع ذكر أمثلة للمحاليل الأخرى المستعملة تجاريًّا. ولمزيد من أمثلة المحاليل المغذية — خلافًا لتلك المقدمة في هذا الجزء — فإنه يمكن مراجعة Hewitt (١٩٦٦)، و Douglas (١٩٨٥).

محاليل هوجلاند المغذية

يوجد اثنان من محاليل هوجلاند المغذية Hogland's Nutrient Solutions يكون النيتروجين في أحدهما نتراتي فقط، بينما يتوفر النيتروجين في المحلول الثاني في صورتيه النتراتية والأمونيومية. ويحضران من تسعة محاليل قياسية standard stock solutions. هذا .. وتحضر المحاليل القياسية، كما في جدول (٤-٩)، بينما يحضر محلولاً هوجلاند من هذه المحاليل القياسية، كما هو مبين في جدول (٤-١٠)، وهي التي تستعمل في تغذية النباتات (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠). ويقتصر استعمال محاليل حوجلاند غالبًا على دراسات فسيولوجيا النبات.

محلول هيوت المغذى

يحضر محلول هيوتَ Hewitt المغذى كما هو في جدول (٤-١١) من الأملاح النقية والماء المقطر، ويستخدم غالبًا في دراسات فسيولوجيا النبات (Devlin ١٩٧٥).

جدول (٤–٩) طريقة تحضير المحاليل القياسية اللازمة لعمل محلولى هوجلاند(أ)، و (ب).

رقم المحلول القياسـى	المركب وتركيبه الكيميائى		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسى
١	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	٢٣٦,٢
٢	نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٠١,١
٣	فوسفات أحادى البوتاسيوم	KH_2PO_4	١٣٦,١
٤	كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٢٤٦,٥
٥	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	٢٣٦,٢
٦	فوسفات أحادى الأمونيوم	$NH_4H_2PO_4$	١١٥,٠
٧	كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٢٤٦ ٥
٨	حامض البوريك	H_3BO_3	٢,٨٦
	كلوريد المنجنيز	$MnCl_2.4H_2O$	١,٨١
	كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٠,٢٢
	كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٠,٠٨
	حامض الموليبديك	$H_2MoO_4.H_2O$	٠,٠٢
٩	حديد مخلبى		ما يكفى من المادة لأن يكون تركيز الحديد في المحلول القياسى ١,٠٪.(أ)

(أ) مثال إذا استخدم التحضير التجارى Sequestrene 330 كمصدر للحديد، فإنه يلزم منه ١٠ جم تذاب في الماء لعمل لتر من محلول الحديد القياسى، نظرا لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠٪.

جدول (٤–١٠أ) طريقة تحضير محلولى هوجلاند أ، ب من المحاليل القياسية المبينة فى جدول (٤–٩)

محلول هوجلاند (أ)	المحلول القياسى (يراجع جدول ٤–٩)	الكمية اللازمة بالمليلتر (مل) لتحضير لتر من المحلول المغذى
أ	١	٥
	٢	٥
	٣	١
	٤	٢
	٨	١

تابع جدول (٤-١٠)

محلول هوجلاند [أ]	المحلول القياسى (براجع جدول ٤-٩)	الكمية اللازمة بالمليلتر (مل) لتحضير لتر من المحلول المغذى
	٩-	١
ب	٥	٤
	٢	٦
	٦	١
	٧	٢
	٨	١
	٩	١

(أ) لتحضير أى من المحلولين (أ) أو (ب) تضاف الكميات المبينة من المحاليل القياسية المختلفة إلى ٨٠٠ مل ماء مقطرًا. ثم يكمل الحجم النهائى إلى لتر.

جدول (٤-١١) الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هيوت المغذى وتركيزاتها به.

المحلول القياسى		المركب جم/لتر	جزء من المليون	مللى مول/لتر
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٠,٥٠٥٠٠٠	البوتاسيوم = ١٩٥ النيتروجين = ٧٠	٥,٠
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	٠,٨٢٠٠٠٠	الكالسيوم = ٢٠٠ النيتروجين = ١٤٠	٥,٠
فوسفات الصوديوم	$NaH_2PO_4.2H_2O$	٠,٢٠٨٠٠٠	الفوسفور = ٤١	١,٣٣
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٠,٣٦٩٠٠٠	المغنيسيوم = ٢٤	٣,٠٠
سترات الحديديك		٠,٠٢٤٥٠٠	الحديد = ٥,٦	٠,١
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4$	٠,٠٠٢٢٣٠	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠١
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٠,٠٠٠٢٤٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٠,٠٠٠٢٩٦	الزنك = ٠,٠٦٥	٠,٠٠١
حامض البوريك	H_3BO_3	٠,٠٠١٨٦٠	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٣٣
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O$	٠,٠٠٠٠٣٥	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠٢

تابع جدول (٤-١١)

المحلول القياسي		المركب		
		جم/لتر	جزء من المليون	مللي مول/لتر
كبريتات الكوبالت	$CoSO_4.7H_2O$	٠,٠٠٠٠٢٨	الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
كلوريد الصوديوم	$NaCl$	٠,٠٠٥٨٥٠	الكلور = ٣,٥٥	٠,٠١

محاليل مغذية متنوعة تحتوى على جميع العناصر الضرورية للنبات

من أمثلة المحاليل المغذية الكاملة التى استعملت فى مختلف أنحاء العالم ما يلى:

١ - فى كاليفورنيا استعمل محلول مغذ يقارب فى قوته نصف قوة محلول هوجلاند مع بعض التغيير، ويحضر بإضافة لتر من محلولين قياسيين (١)، و (٢) إلى ٢٠٠ لتر من الماء. وتخزن المحاليل القياسية فى أوعية منفصلة (يفضل أن تكون بلاستيكية أو مبطنة بالبلاستيك)، لتجنب ترسيب العناصر. وبرغم أنه يمكن تخزين المحاليل المركزة دون مشاكل. إلا أنه يكتفي - عادة - بتحضير كميات تكفى لعدة أسابيع فقط

ويلزم لتحضير المحلول القياسى رقم (١) الكميات التالية من الأملاح ومحلول العناصر الدقيقة المركزة

المركب		الكمية اللازمة بالجرام لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٩,٦ كجم
فوسفات البوتاسيوم	KH_2PO_4	٥,٥ كجم
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٩,٦ كجم
محلول العناصر الدقيقة المركز		٢٠,٠ لتر

أما المحلول القياسى رقم (٢)، فتستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح:

المركب		الكمية اللازمة بالجرام لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات الكالسيوم التجارية	$Ca(NO_3)_2$	١٧,٤ كجم
حديد مخلبى	(Sequestrene 330)	٠,٩ كجم

هذا .. ويضاف الحديد المخلبى إلى كمية قليلة من الماء قبل إضافته إلى محلول نترات الكالسيوم المركز. ويستخدم فى تحضير محلول العناصر الدقيقة المركز الكميات التالية من الأملاح.

المركب		الكمية اللازمة بالجرام لكل ٢٠٠ لتر ماء
حامض البوريك	H_3BO_3	٥٤,٠
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4.H_2O$	٢٨,٠
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٤,٠
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	١,٠
حامض الموليبديك	$MoO_3.2H_2O$	٠,٥

يداب حامض الموليبديك أولاً فى ماء مغلىّ، وتضاف الأملاح الأخرى إلى وعاء يتسع لعشرين لترًا، وتقلب جيدًا فى نحو ١٢ لتر ماء، ثم يضاف حامض البوريك المذاب، ويكمل الوعاء ليصبح حجم المحلول ٢٠ لترًا.

وعند تحضير المحلول المغذى، فإن المحلولين القياسيين (١)، (٢) لا يضاف أحدهما إلى الآخر، وإنما يضاف كل منهما منفردًا إلى الماء، على أن تكون النسبة ١ محلول قياسى رقم (١) : ١ محلول قياسى رقم (٢): ٢٠٠ ماء، مع ملاحظة أن زيادة نسبة المحاليل القياسية عن ذلك تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر. ويحتوى المحلول المغذى الناتج على العناصر المختلفة بالتركيزات المبينة فى جدول (٤-١٢).

جدول (٤-١٢) تركيز العناصر فى المحلول المغذى المستعمل فى كاليفورنيا.

العنصر	التركيز	
	بالجزء فى المليون	بالمللى مكافئ / لتر
النيتروجين النتراتى	١٠٣	٧,٥
الفوسفور (على صورة H_2PO_4)	٣٠	١,٠

تابع جدول (٤-١٢)

العنصر	التركيز	
	بالجزء فى المليون	بالمللى مكافئ / لتر
البوتاسيوم	١٤٠	٣,٥
الكالسيوم	٨٣	٤,٠
المغنيسيوم	٢٤	٢,٠
الكبريت (على صورة SO_4)	٣٢	٢,٠
الحديد	٢,٥	
البورون	٠,٢٥	
المنجنيز	٠,٢٥	
الزنك	٠,٠٢٥	
النحاس	٠,٠١	
الموليبدنم	٠,٠٠٥	

٢- فى فلوريدا استعمل محلول مغذ تستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح (عن Douglas ١٩٨٥)

المركب	الكمية اللازمة بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٣٦٥
كبريتات الأمونيوم	٨٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٧٠
كبريتات المغنيسيوم	١٦٠
كبريتات الكالسيوم	٩٠٠
مخلوط أملاح العناصر الدقيقة	١٨

ويحضر مخلوط أملاح العناصر الدقيقة بخلط الكميات التالية من الأملاح خلطًا جيدًا جدًا.

المركب	الكمية بالجرام
كبريتات الحديد	١١٣
كبريتات المجنيز	٧,٥
كبريتات النحاس	٣,٥
بوراكس (Sodium tetraborate)	٨٥
كبريتات الزنك	٣,٥

٣- استعمل فى تكساس - بنجاح - المحلول المغذى التالى (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩):

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	١٧٧
نترات الكالسيوم	٩٥١
كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم	٤٤١
كبريتات البوتاسيوم	٣٤٣
حديد مخلبى (FeDTPA)	٣٢
حامض فوسفوريك (٧٥٪)	(١٠٦ مل)
كبرتيات المنجنيز	٤,٠
حامض البوريك	٥,٨
كبريتات الزنك	١,٣
كبريتات النحاس	١,٣
حامض المولبيديك	٠,١١

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى - بالجزء فى المليون - كما يلى:

النيتروجين	١٧٢	الحديد	٣

الفوسفور	٤١	البورن	١,٠
البوتاسيوم	٣٠٠	المنجنيز	١,٣
الكالسيوم	١٨٠	الزنك	٠,٣
المغنيسيوم	٤٥	النحاس	٠,٣
الكبريت	١٥٨	الموليبدنم	٠,٠٧

٤- استعمل فى المملكة المتحدة — بنجاح — مع الطماطم والخيار — المحلول المغذى التالى (عن Jones ١٩٨٢)

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٦٧٠
كبريتات المغنيسيوم	٣١١
نترات الكالسيوم	٩٩٠
فوسفات البوتاسيوم	١٤٠
حديد مخلبى	١٨,٢
كبريتات المنجنيز	٢,١
حامض البوريك	١,٨
كبريتات الزنك	٠,٢٦
كبريتات النحاس	٠,٢٦
موليبدات الأمونيوم	٠,٠٨

٥- يستعمل فى مزارع الحصى فى اليابان محلولان، أحدهما للخضر الثمرية، والثانى للخضر الورقية. ويحضران كما يلى:

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
محلول الخضر الثمرية	
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الكالسيوم	٩٥٠

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات المغنيسيوم	٥٠٠
فوسفات الأمونيوم	١٥٥

محلول الخضر الورقية

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الأمونيوم	٣٢٠
كبريتات المغنيسيوم	٥٠٠
سوبر فوسفات مركز	٥٨٠

يضاف إلى كل من المخلوطين حديد مخلبى بتركيز ٣ أجزاء فى المليون، وبورون بتركيز ٠.٥ جزءًا فى المليون.

٦- يستعمل فى الكويت محلول مغذ يحضر من الأملاح التالية:

المركب	الكمية بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات المغنيسيوم	٣٣٩,٣٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٢٨,٨٧
نترات الكالسيوم	٢٠٠٢,٠٠
نترات البوتاسيوم	٢٦٤,٠٠
كبريتات البوتاسيوم	١٨,٨٤
كلوريد الصوديوم	١٥٦,٦٠
حامض النيتريك المركز	١٣,٠٠ مل
حامض الأيدروكلوريك المركز	٢٠,٠٠ مل

ويمكن إحلال فوسفات أحادى البوتاسيوم بمعدل ١٣١,١٦٩ جم/١٠٠٠ لتر ماء محل فوسفات أحادى الكالسيوم.

وتضاف لما سبق العناصر الدقيقة بالمعدلات التالية:

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
سترات الحديد والأمونيوم Ferric ammonium citrate	١,٠٠
كبريتات المنجنيز	٠,٥٠
كبريتات النحاس	٠,٠٥
كبريتات الزنك	٠,٠٥
مسحوق حامض البوريك	٠,٥٠
حامض الموليبديك	٠,٠١

٧- استعمل فى بولندا محلول مغذٍ يحضر من الأملاح التالية (عن Douglas ١٩٨٥)

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٦٠٠
نترات الكالسيوم	٧٠٠
نترات الأمونيوم	١٠٠
سوبر فوسفات ثلاثى	٥٠٠
كبريتات المغنيسيوم	٢٥٠
كبريتات الحديد	١٢٠
حامض البوريك	٠,٦
كبريتات المنجنيز	٠,٦
كبريتات الزنك	٠,٦
كبريتات النحاس	٣,٠
موليبدات الأمونيوم	٠,٦

ويمكن زيادة حموضة هذا المحلول بإضافة حامض الفوسفوريك إليه بمعدل مل لكل ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى كذلك حذف نترات الأمونيوم شتاءً، وزيادة كبريتات النحاس صيفاً. وإضافة ٣٠٠ جم كبريتات بوتاسيوم فى الجو الملبد بالغيوم.

٨- محلول جونسون Johnson المغذى (Johnson ١٩٧٩):

يتكون محلول جونسون المغذى من المكونات التالية:

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٢٥١
فوسفات احادى البوتاسيوم	١٤٣
كبريتات المغنيسيوم	٢٥١
نترات الكالسيوم	٤٤٧
حديد مخلبى (FeDTPA)	٢٤
حامض بوريك	١,٣
كبريتات المنجنيز	٠,٨
كبريتات الزنك	٠,١
كبريتات النحاس	٠,٠٣
حامض الموليبديك	٠,٠١٣

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى – بالجزء فى المليون – كما يلى:

النيتروجين	١٠٥	الحديد	٢,٣
الفوسفور	٣٣	البورن	٠,٢٣
البوتاسيوم	١٣٨	المنجنيز	٠,٢٦
الكالسيوم	٨٥	الزنك	٠,٠٢٤
المغنيسيوم	٢٥	النحاس	٠,٠١
الكبريت	٣٣	الموليبدنم	٠,٠٠٧

٩- محلول جنسن Jensen المغذى (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩):

يتكون محلول جنسن المغذى من المكونات التالية:

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات المغنيسيوم	٤٩٤
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٧٢

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٢٠٣
نترات الكالسيوم	٥٠٠
حديد مخلبى (FeDTPA)	٢٥,٤
حامض بوريك	٢,٦
كلوريد المنجنيز	٢,٤
كلوريد النحاس	٠,١٣
حامض المولبيديك	٠,٠٥
كبريتات الزنك	٠,٤

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى — بالجزء فى المليون — كما يلى

النيتروجين	١٠٦	الحديد	٣,٨
الفوسفور	٦٢	البورن	٠,٤٦
البوتاسيوم	١٥٦	المنجنيز	٠,٨١
الكالسيوم	٩٣	الزنك	٠,٠٩
المغنيسيوم	٤٨	النحاس	٠,٠٥
الكبريت	٦٤	الموليبدنم	٠,٠٣

١٠- محلول كوبر Cooper المغذى (عن Johnson ١٩٨٥)

يتكون محلول كوبر المغذى من المكونات التالية:

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٥٨٤
كبريتات المغنيسيوم	٥١٨
نترات الكالسيوم	١٠٠٤
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٦٢
حديد مخلبى (FeEDTA)	٧٩
كلوريد المنجنيز	٦,١
حامض البوريك	١,٦

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات النحاس	٠,٤
كبريتات الزنك	٠,٤٥
موليبيدات الأمونيوم	٠,٣٧

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى – بالجزء فى المليون – كما يلى:

النيتروجين	٢٣٦	الحديد	١٢
الفوسفور	٦٠	البورن	٠,٣
البوتاسيوم	٣٠٠	المنجنيز	٢,٠
الكالسيوم	١٨٥	الزنك	٠,١
المغنيسيوم	٥٠	النحاس	٠,١
الكبريت	٦٨	الموليبدنم	٠,٢

هذا .. ويبين جدول (٤–١٣) تركيز المحاليل المغذية من مختلف العناصر بالجزء فى المليون وبالمللى مكافئ/لتر عند إذابة كيلوجرام واحد من كل سماد فى ١٠ أمتار مكعبة من الماء.

محاليل مغذية تستعمل تجارياً مع محاصيل خاصة وفى مراحل معينة من نموها

يبين جدول (٤–١٣) طريقة تحضير أربعة محاليل مغذية هى: (أ)، (ب)، (جـ)، (د) تستخدم فى الأغراض التالية:

١– يستعمل المحلول (أ) فى تغذية الطماطم من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى على النبات.

٢– يستعمل المحلول (ب) فى تغذية الطماطم من مرحلة عقد الثمار الأولى حتى نهاية المحصول.

٣– يستعمل المحلول (جـ) فى تغذية الخيار من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى.

كما يستخدم أيضا بتركيب نفسه في تغذية الخضر الأخرى غير الورقية، وللخضر الورقية بعد زيادة مستوى النيتروجين به من ١٤ إلى ٢٠٠ جزء من المليون

٤- يستعمل المحلول (د) في تغذية الخيار من مرحلة عقد الثمار الأولى إلى نهاية المحصول هذا ويُبين جدول (٤-١٤) طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة الذى يضاف بمعدل ١٥٠ مل لكل ١٠٠٠ لتر من أى من المحاليل الأربعة السابقة الذكر (عن Collins & Jensen ١٩٨٣)

جدول (٤-١٣) تركيز المحاليل المغذية من مختلف العناصر بالجزء فى المليون وبالمللى مكافئ/لتر عند إذابة كيلوجرام واحد من كل سماد فى ١٠ أمتار مكعبة من الماء

السماد	تحليل السماد[أ]	الجزء فى المليون	المللى المكافئ milliequivalents/لتر[ب]
نترات الأمونيوم	٣٣,٥ – صفر – صفر	٣٤ : N	١,٣ NH_4
NH_4NO_3			١,٣ NO_3
كلوريد الأمونيوم	٢٥ – صفر – صفر	٢٥ : N	١,٩ NH_4
NH_4Cl		٦٦ Cl	١,٩ Cl
كبريتات الأمونيوم	٢٠ – صفر – صفر	٢٠ : N	١,٥ NH_4
$(NH_4)_2SO_4$		٢٤ S	١,٥ SO_4
نترات الكالسيوم	١٥ – صفر – صفر	١٥ N	٠,٨ NO_3
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$		٣٧ Ca	٠,٨ Ca
نترات الصوديوم	١٦ – صفر – صفر	١٦ N	١,٢ NO_3
$NaNO_3$		٢٧ Na	١,٢ Na
حامض الفوسفوريك	صفر – ٨٠ صفر[ج]	٦٤ P	١,٠ H_2PO_4
H_3PO_4			
نترات البوتاسيوم	١٣ – صفر – ٤٤	١٣ N	١,٠ K
KNO_3		٥٣ K_2O	١,٠ NO_3
كلوريد البوتاسيوم	صفر – صفر – ٦٢	٦٢ K_2O	١,٣ K
KCl		٤٨ Cl	١,٣ Cl
فوسفات الأمونيوم	٢١ – ٥٣ – صفر	٢١ N	١,٥ NH_4
$(NH_4)_2HPO_4$		٥٣ P_2O_5	١,٥ HPO_4

تابع جدول (٤-١٣)

السماد	تحليل السماد[أ]	الجزء في المليون	المللى المكافئ milliequvalents/لتر[ب]
كبريتات البوتاسيوم	صفر - صفر - ٥٣	٥٣ : K_2O	١,١ : K
K_2SO_4		١٨ : S	١,١ : SO_4
فوسفات أحادى الأمونيوم	١١ - ٤٨ - صفر	١١ : N	٠,٩ : NH_4
$NH_4H_2PO_4$		٤٨ : P_2O_5	٠,٩ : H_2PO_4
سلفات المغنيسيوم	--	٢٠ : Mg	١,٧ : Mg
$MgSO_4$		٢٧ : S	١,٧ : SO_4
نترات المغنيسيوم	١١ - صفر - صفر	١١ : N	٠,٨ : Mg
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$		١٠ Mg	٠,٨ : NO_3
حامض نيتريك نقى	١٨ - صفر - صفر	١٨ : N	١,٦ : NO_3
HNO_3			
فوسفات ثنائي البوتاسيوم	صفر - ٤١ - ٥٤	٤١ : P_2O_5	١,١ : K
K_2HPO_4		٥٤ : K_2O	١,١ : HPO_4
فوسفات أحادى البوتاسيوم	صفر - ٥٣ - ٣٤		
KH_2PO_4		٥٣ : P_2O_5	٠,٨ : K

(أ) النسبة المئوية لكل من النيتروجين N، وخامس أكسيد الفوسفور P_2O_5، وأكسيد البوتاسيوم K_2O على التوالى.

(ب) حسبت المللى مكافئات على أساس الوزن المكافئ.

(جـ) نسبة H_3PO_4 في السائل.

جدول (٤-١٤): طريقة تحضير محاليل مغذية خاصة بمحاصيل محددة فى مراحل معينة من نموها[1]

المركب السمادى (الدرجة التجارية) وتركيبه الكيمائى وتحليله (K - P - N)	المحلول والتركيز (أ) جزء فى المليون	(أ) جم/١٠٠٠ لتر	(ب) جزء فى المليون	(ب) جم/١٠٠٠ لتر	(جـ) جزء فى المليون	(جـ) جم/١٠٠٠ لتر	(د) جزء فى المليون	(د) جم/١٠٠٠ لتر
كبريتات المغنيسيوم	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠

تابع جدول (٤–١٤)

المركب السمادى (الدرجة التجارية) وتركيبه الكيمائى وتحليله (K – P – N)	(أ) جزء فى المليون	(أ) جم/١٠٠٠ لتر	(ب) جزء فى المليون	(ب) جم/١٠٠٠ لتر	(جـ) جزء فى المليون	(جـ) جم/١٠٠٠ لتر	(د) جزء فى المليون	(د) جم/١٠٠٠ لتر
(ملح إبسوم) $MgSO_4.7H_2O$								
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر – ٢٢,٥ – ٢٨) KH_2PO_4	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣.٧٥ – صفر – ٣٦.٩)	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠
كبريتات البوتاسيوم (ب) (صفر – صفر – ٤٣.٣) K_2SO_4	٤٥ K	١٠٠	٤٥ K	١٠٠	—	—	—	—
نترات الكالسيوم (١٥.٥ – صفر – صفر) $Ca(NO_3)_2$	٨٥ N ١٢٢ Ca	٥٠٠	١١٦ N ١٦٥ Ca	٦٨٠	١١٦ N ١٦٥ Ca	٦٨٠	٢٣٢ N ٣٣٠ Ca	١٣٥٧
حديد مخلبى (جـ) Sequestrene 330	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥
محلول العناصر الدقيقة (د)	—	١٥٠ مل	—	١٥٠ مل	—	١٥٠ مل	—	١٥٠ مل

(أ) انظر متن الكتاب بخصوص استعمالات هذه المحاليل.

(ب) استعمال كبريتات البوتاسيوم اختيارى.

(جـ) قد يتطلب الأمر زيادة تركيز الحديد إلى ٥ أجزاء فى المليون إذا كان وسط الزراعة جيريًا.

(د) انظر جدول (٤–١٥) بخصوص طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة.

جدول (٤-١٥): طريقة إعداد محلول العناصر الدقيقة الذى يستخدم فى تحضير المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤-١٤).

الملح ورمزه الكيميائى	العنصر الذى يوفره الملح	تركيز العنصر بالجزء فى المليون فى المحاليل النهائية (المبينة فى جدول ٤-١٤)أ	عدد جرامات الملح فى مخلوط أملاح العناصر الدقيقة ب
حامض البوريك H_3BO_3	البورون	٠,٤٤	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز $MnCl_2.4H_2O$	المنجنيز	٠,٦٢	٦,٧٥
كلوريد النحاس $CuCl_2.2H_2O$	النحاس	٠,٠٥	٠,٣٧
أكسيد الموليبدنم MoO_3	الموليبدنم	٠,٠٣	٠,١٥
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$	الزنك	٠,٠٩	١,١٨

(أ) يضاف محلول العناصر الدقيقة إلى المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤-١٤) بنسبة ١٥٠ مل منه لكل ١٠٠٠ لتر من المحاليل المغذية.

(ب) يحتوى المخلوط على ١٥,٩٥ جرامًا من الأملاح التى تضاف إلى ٤٠٠ مل ماء، وتقلب جيدًا مع التسخين، ثم يعدل حجم محلول العناصر الدقيقة بعد أن يبرد إلى ٤٥٠ مل بإضافة الماء إليه.



الفصل الخامس

مزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية

مقدمة

يعنى بالزراعة اللاأرضية Soilless Culture إنتاج النباتات بأية طريقة غير رراعتها في التربة الزراعية، علمًا بأن مفهوم الأراضى الزراعية يتضمن الأراضى المعدنية أيًا كان قوامها، والأراضى العضوية أيًا كانت نسبة البيت peat أو الملك muck بها. وعليه .. لا تعد الزراعة بدون تربة إذا كان الإنتاج فى تربة رملية تحتوى على نسبة ولو قليلة من السلت والطين، أو فى أرض عضوية. حتى لو كانت نسبة البيت أو الملك بها ١٠٠٪. كذلك فإن الإنتاج فى مخاليط الزراعة التى تدخل التربة ضمن مكوناتها لا يعد زراعة بدون تربة.

وبالمقارنة .. فإن الزراعة بدون تربة تتضمن الإنتاج فى كافة أوساط الزراعة التى لا تكون التربة المعدنية إحدى مكوناتها. وتدخل ضمن هذا التعريف مزارع الرمل الخالص، والحصى، والبيت، والفيرميكيوليت، والبرليت، والمخاليط التى تتركب من أى من من هذه المكونات، وجميع أوساط الزراعة الصلبة الأخرى كبالات القش المضغوط، والصوف الصخرى وغيرهما، وكذلك المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب لنمو الجذور. وجميع هذه المزارع تسقى دومًا بمحاليل مغذية تحتوى على العناصر المغذية اللازمة للنمو النباتى.

ويفهم من التعريف السابق للزراعة بدون تربة أنه يشتمل أيضًا على المزارع المائية Hydroponics، وهى المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب لنمو الجذور، بل تبقى فيها الجذور محاطة دائمًا بالمحلول المغذى، وتثبت النباتات فى مكانها بوسائل أخرى. وكلمة hydroponics مشتقة من كلمتين يونانيتين: hydro بمعنى ماء، و ponos بمعنى عمل. فيكون المعنى الحرفى للكلمة حو عمل الماء.

تتضمن المزارع المائية بمفهومها الحرفى مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture (حيث تنمو الجذور فى أوعية خاصة تحتوى على المحلول المغذى)، وتقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique والمزارع الشبيهة بهما، لكن مفهوم المزارع المائية يمكن أن يتسع ليشمل أيضًا المزارع الهوائية Aeroponics (حيث تبقى الجذور عالقة فى الهواء فى حيز مغلق). وجميع الأنواع السابقة الذكر هى من حالات الزراعة بدون تربة، لأنها جميعًا تروى على الدوام بمحاليل مغذية تحتوى على التركيزات المناسبة من كافة العناصر الضرورية، بدلاً من الماء العادى.

وبناءً على الشرح المتقدم لكل من الزراعة بدون تربة والمزارع المائية، فإن هذين المصطلحين سيستعملان معًا فى هذا الكتاب ليعنيا شيئًا واحدًا، ألا وهو إنتاج النباتات بطريقة تسمح بنمو الجذور فى بيئة صلبة مجهزة صناعيًا، تخلو من السلت والطين، أو فى المحاليل المغذية مباشرة، أو فى حيز هوائى مغلق، مع ريها دومًا بالمحاليل المغذية.

ولكن نظرًا لكثرة الأنواع التى تم تطويرها من هذه المزارع .. فقد خُصص لها فصلان مستقلان: هذا الفصل للمزارع اللاأرضية التى تنمو فيها الجذور فى بيئات صلدة؛ والفصل السادس للمزارع المائية — بمفهومها الحرفى — والمزارع الهوائية

هذا .. وقد أدرج موضوع المزارع اللاأرضية بنوعيها ضمن الزراعة المحمية، لأنها لا تجرى — غالبا — إلاّ داخل البيوت المحمية.

ونبدأ هذا الفصل بتقديم عرض للموضوعات التمهيدية التى تتضمن المزارع اللاأرضية بنوعيها، وذلك قبل الدخول فى تفاصيل مزارع البيئات الصلدة اللاأرضية.

نبذة تاريخية

على الرغم من معرفة المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد، إلاّ أنها لم تتطور وتستخدم لغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلاّ منذ الحرب العالمية الثانية، حينما كان من

الضرورى إنتاج الخضروات الطازجة فى معسكرات الجيوش التى تقع فى مناطق لا تصلح فيها التربة للإنتاج الزراعى. ومنذ ذلك الحين أصبحت المزارع المائية علمًا بذاته، نشر فيه عديد من الكتب والبحوث وقد أشار Jones (١٩٨٢) إلى ثمانية وعشرين كتابًا نشرت باللغة الإنجليزية عن المزارع المائية خلال الفترة من ١٩٧٠-١٩٧٩. ويمكن لمن يرغب فى الإطلاع على تاريخ تطور استخدام المزارع المائية فى الزراعة الرجوع إلى Douglas (١٩٨٥).

إن تطور الزراعات المائية لم يكن سريعًا. وعلى الرغم من أن أول استعمال للتحكم البيئى فى الزراعة كان إنتاج الخيار باستعمال الميكا mica للإمبراطور الرومانى Tiberius خلال القرن الأول الميلادى، فإنه يعتقد أن التقنية لم تستعمل خلال الـ ١٥٠٠ سنة التالية لذلك.

ولقد ظهرت البيوت المحمية والمزارع المائية لأغراض التجارب فى فرنسا وإنجلترا خلال القرن السابع عشر، حيث أنتج Woodward نباتات نعناع بدون تربة فى إنجلترا فى عام ١٦٩٩. وطوِّرت التقنيات العملية الأساسية لزراعات المحاليل المغذية بواسطة كل من Sachs، و Knap — كل على انفراد — فى ألمانيا حوالى عام ١٨٦٠.

وفى الولايات المتحدة الأمريكية بدأ الاهتمام بتطوير واستخدام محلول غذائى كامل لأجل الإنتاج الزراعى على النطاق التجارى حوالى عام ١٩٢٥. ففى ذلك الوقت كان من الضرورى تغيير تربة البيوت المحمية على فترات متقاربة أو المحافظة عليها بحالة جيدة من عام لآخر بإضافة كميات كبيرة من الأسمدة التجارية. ونتيجة لتلك الصعوبات اتجه الباحثون فى بعض محطات التجارب الأمريكية نحو الزراعة فى المزارع المائية كبديل للزراعة فى التربة، مع استعمال إما محلول مغذٍ مهوى، وإما بالاعتماد على مواد صلبة خاملة كبديل للتربة مع بَلها بالمحاليل المغذية.

وفيما بين عامى ١٩٢٥، و ١٩٣٥ حدثت تطورات كبيرة فى تحوير طرق علماء فسيولوجيا النبات لتناسب الإنتاج المحصولى التجارى على نطاق واسع. فى البداية ..

تمكن الباحثون فى محطة التجارب الزراعة بنيوجيرسى من تطوير طريقة المزارع الرملية. واستخدمت طريقتا المزارع المائية والرملية على نطاق واسع بواسطة باحثى محطة التجارب الزراعة بكاليفورنيا وتبع ذلك تطوير مزارع الرى تحت السطحى فى كل من محطتى التجارب الزراعة فى نيوجيرسى وإنديانا فى عام ١٩٣٤. وكان Gericke — الذى نشر وصفًا للاستخدام التجارى باستعمال المزارع المائية فى عام ١٩٤٠ — هو الذى وضع المصطلح hydroponics خلال وصفه لتلك المزارع. وقد استخدمت تقنية المزارع المائية على نطاق محدود فى بعض جزر المحيط الهادى خلال الحرب العالمية الثانية وبعد الحرب نشرت جامعة بوردو سلسلة من العجالات الإرشادية التى تبين كيفية التعامل مع كل من المزارع المائية والمزارع اللاأرضية. وعلى الرغم من الاهتمام الكبير الذى حظيت به المزارع المغذية nutriculture — كما أُطلق عليها — فإن كلفتها العالية حالت دون التوسع فى استعمالها تجاريًا

وبعد نحو ٢٠ عامًا تجدد الاهتمام بالمزارع المائية بعد ظهور البلاستيك، الذى لم يُستخدم فقط - كغطاء للبيوت المحمية. وإنما استخدم — كذلك — فى مكان الخرسانة لأجل تبطين مراقد الزراعة كذلك كان للبلاستيك أهمية فى إدخال نظام الرى بالتنقيط.

ولقد بدأت مساحة الزراعات المحمية فى الازدياد تدريجيًا فى أوروبا وآسيا خلال حقبتى الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، كما طورت مساحات كبيرة من المزارع المائية فى كاليفورنيا، وأريزونا، والإمارات العربية وإيران حوالى ١٩٧٠. وفى تلك المناطق الصحراوية تأيدت مزايا نظم الزراعات المائية بالإشعاع الشمسى القوى الذى أسهم فى تعظيم البناء الضوئى.

هذا إلا أن زيادة أسعار البترول بدءًا من عام ١٩٧٣ رفعت أسعار التدفئة والتبريد بشدة لمدة استمرت لنحو عقدين. الأمر الذى أسهم — مع عدم توفر مبيدات مسجلة للاستعمال فى الزراعات المحمية — فى توقف الاستثمارات فى مجال الزراعة المحمية، وخاصة فى الولايات المتحدة

ومنذ بداية إنشاء المزارع المائية لم تتوقف محاولات تطويرها. ففى أواخر الستينيات من القرن الماضى طور الباحثون فى الـ Glasshouse Crops Research Institute بإنجلترا تقنية الغشاء المغذى. ومازال التحسين والتطوير فى هذا الاتجاه مستمرين (Jensen ١٩٩٧).

تقسيم المزارع اللاأرضية ومدى انتشارها

المزارع اللاأرضية هى — كما أسلفنا — أى نظام يتبع لإنتاج النباتات فى بيئة غير التربة، مع ريها بالمحاليل المغذية، بدلاً من الماء العادى، سواء استعملت مادة صلدة (مثل الرمل، والحصى، والفيرميكيوليت، والبيت، والصوف الصخرى ... إلخ) لتوفير دعم للنمو النباتى، أم لم تستعمل.

وبذا .. تقسم المزارع اللاأرضية حسب وجود المادة الصلدة أو عدم وجودها إلى:

١- نظم توجد فيها بيئة صلدة لنمو الجذور Aggregate Systems.

٢- نظم لا توجد فيها بيئة صلدة لدعم الجذور Liquid Systems، ويتم فيها تدعيم وتثبيت الجذور بوسائل خاصة

كما تقسم المزارع اللاأرضية حسب كون المحلول المغذى يستعمل فيها مرة واحدة، أو يعاد استخدامه عدة مرات إلى:

١- النظم المفتوحة Open Systems:

حيث لا يستعمل فيها المحلول المغذى سوى مرة واحدة. وهذه المزارع تسقى بماء يحقن أثناء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر الغذائية، ولا تلزم لها خزانات كبيرة للمحاليل المغذية، بل تكفى تلك التى تستخدم فى تخزين المحاليل القياسية المركزة

٢- النظم المغلقة Closed Systems:

حيث يستعاد فيها المحلول المغذى، ويعاد استخدامه عدة مرات، مع تعديل تركيز

لعناصر به كلما دعت الضرورة (Collins & Jensen ١٩٨٣) ونظرًا لأن هذه المزارع تسقى بالمحاليل المغذية المخففة مباشرة، لذا فإنها لا تحتاج إلى أجهزة لخلط المحاليل السمادية المركزة بالماء، ولكن تلزم لها خزانات كبيرة لحفظ المحاليل المغذية المستعملة في الري.

والاتجاه السائد في بعض الدول الأوروبية هو نحو إصدار تشريعات لأجل إجبار مزارعي الصوبات إلى الأخذ بالنظام المغلق في الزراعات المائية؛ بهدف الحد من استهلاك الأسمدة، ومن ثم ظاهرة الاحتباس الحراري (لأن تصنيع الأسمدة يتطلب طاقة تكون - غالبًا - من مصادر أحفورية). ومن تلوث التربة والمياه الجوفية بالنترات

ويتطلب الأخذ بالنظام المغلق إجراء تعديلات مستمرة على المحلول المغذي؛ مما يؤدي إلى تراكم أيونات معينة توجد في الأسمدة المضافة، ولكنها لا تستنفذ بنفس سرعة امتصاص النباتات للأيونات التي استخدمت من أجلها الأسمدة في تعديل المحلول المغذي، مثل أيون الكبريتات عند إضافة كبريتات البوتاسيوم وكبريتات المغنيسيوم، كذلك يميل أيونا الكلوريد والبيكربونات للتراكم في المحاليل المغذية في النظام المغلق

ولقد وجد Zekki وآخرون (١٩٩٦) أن إعادة تدوير المحاليل المغذية لفترات طويلة في مزارع تقنية الغشاء المغذي يضر بنباتات الطماطم النامية بها، وربما كان مرد ذلك إلى تراكم أيون الكبريتات في المحاليل المغذية المستعملة؛ هذا بينما لم تكن لإعادة تدوير محاليل الصرف بمزارع الصوف الصخري والبيت موس مثل هذا التأثير إذا ما أجريت على المحاليل التعديلات اللازمة بطريقة سليمة.

مميزات وعيوب المزارع اللاأرضية

لا يعد الإنتاج الزراعي في المزارع اللاأرضية أمرًا اقتصاديًا أو منطقيًا في منطقة ما إلا في غياب الأرض الصالحة للزراعة، أو إذا كانت التربة ملوثة بآفات خطيرة لا يمكن مكافحتها والسبب في ذلك أن التكلفة الإنشائية للمزارع اللاأرضية مرتفعة كثيرًا، إلا

أن ذلك يجب أن يقارن بتكلفة استصلاح الأراضى؛ نظرًا لأن إقامة مزرعة لاأرضية يعنى استغلال أرض غير مستصلحة فى الإنتاج الزراعى.

المميزات

تحقق المزارع اللاأرضية المزايا التالية:

١- إمكانية الإنتاج الزراعى فى مناطق تستحيل فيها الزراعة بالطرق الأخرى.

٢- تتقارب الإنتاجية فى المزارع اللاأرضية مع الزراعات المحمية العادية (فى أرض الصوبة)، ولكنها تتفوق على إنتاجية الزراعات المكشوفة، وتتبقى بعد ذلك الميزة الإضافية للمزارع اللاأرضية، ألا وهى أنها تكون مقامة على أرض لا تصلح للزراعة.

٣- تتوفر فى المزارع اللاأرضية كافة العناصر الضرورية اللازمة للنمو النباتى وبالتركيزات المناسبة؛ فلا توجد مشاكل خاصة بنقص العناصر الغذائية.

٤- كذلك لا توجد مشاكل تثبيت العناصر فى التربة كما يحدث فى الظروف الطبيعية.

٥- تعتبر المزارع اللاأرضية غير مناسبة لنمو الكائنات المرضة التى تعيش فى التربة، وتكثر عند الزراعة فى أرض الصوبات مباشرة.

٦- يمكن أن تتوفر التهوية فى المزارع اللاأرضية بصورة أفضل مما فى الزراعات العادية.

٧- لا توجد مشاكل حشائش أو تجهيز الأرض وغيرها من العمليات التى يلزم إجراؤها عند الزراعة فى التربة.

٨- لا توجد مشاكل تتعلق بطبيعة التربة أو قوامها. أو عدم تجانسها.

٩- التبكير فى النضج بصورة ملحوظة عند الزراعة فى المزارع اللاأرضية.

١٠- يؤدى التحكم الآلى فى المزارع اللاأرضية إلى تجنب مشاكل اتخاذ القرارات الخاصة بكميات الأسمدة ومواعيد التسميد والرى وغيرها تحت ظروف الزراعة العادية.

العيوب

يعيب المزارع اللاأرضية ما يلى

١ - ضرورة توفير كافة مستلزمات النمو والتفكير فيها، دون الاعتماد على الطبيعة الأم. كما هى الحال فى الزراعات الحقلية

٢- يتغير الـ pH فى المزارع اللاأرضية المغلقة بسرعة أكبر بكثير مما فى الزراعات العادية

٣- يؤدى أى خلل فى النظام إلى عواقب وخيمة . فكل شئ يجرى بصورة آلية، ويجب أن يتم فى موعده دون تأخير.

٤- لا توجد بالمزارع اللاأرضية أية كائنات دقيقة مضادة ومنافسة للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض مثلما يوجد فى التربة تحت الظروف الطبيعية.

٥- يمكن أن تتلوث المزارع اللاأرضية المغلقة — بسهولة — بالكائنات المسببة للأمراض، على الرغم من أنها تكون خالية منها فى البداية.

٦- زيادة تكاليف الإنتاج بهذه الطريقة (Johnson ١٩٧٩).

وإلى جانب ما تقدم بيانه من عيوب للزارعات اللاأرضية فإنه يحدث فيها — بوجه عام — إسراف فى استهلاك المركبات السمادية، فضلا عن زيادة احتمالات فقد النيتروجين منها فى صورة غازية عما فى الزراعات اللاأرضية العادية.

وقد أوضحت دراسة أجريت على مزرعة لاأرضية للخيار أن ١٢,٤٪ – فى المتوسط — من النيتروجين الداخل فى تكوين المحاليل المغذية المستعملة يفقد على صورة غازية (الصورتين N_2O، و N_2)؛ بما يعنى أن متوسط الفقد اليومى حوالى ٠,٦٢ كجم نيتروجين لكل هكتار (٠,٢٥ كجم/فدان) من الزارعة المحمية. ولقد كان الفقد الغازى للنيتروجين صيفا ضعف الفقد شتاءً، وكان ذلك مترافقًا — كذلك — مع معدل النمو الذى تضاعف صيفًا مقارنة بالنمو شتاءً. وقد اقترح أن حرارة بيئة الزراعة التى كانت أعلى بمقدار ٣-٤ درجات مئوية صيفًا عنها شتاءً ربما أسهمت — كذلك — فى زيادة فقد النيتروجين على صورة غازية صيف (Daum & Schenk ١٩٩٦).

المزارع الرملية

تعتبر المزارع الرملية Sand Culture أكثر المزارع الأرضية شيوعًا، وهى من النظم المفتوحة التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة. وفيها تنمو النباتات فى الرمل الخالص، وتسقى بماء يحقن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة Stock Solutions للعناصر المغذية، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط .. وستقتصر مناقشتنا فى هذا الجزء على المزارع الرملية التجارية، أما تلك المستخدمة فى دراسات تغذية النبات، فإنه يمكن الإطلاع على التفاصيل الخاصة بها فى Hewitt (١٩٦٦).

والمزارع الرملية المثالية هى التى يكون توزيع حجم حبيبات الرمل فيها كما هو مبين فى جدول (٥-١). ويساعد ذلك التوزيع على تحسين النفاذية والتهوية، مع الاحتفاظ بالقدر المناسب من الرطوبة فى بيئة نمو الجذور. وعمومًا . فإن الرمال المستعملة يجب أن تغسل جيدًا من السلت والطين.

جدول (٥-١):التوزيع المثالى لحجم حبيبات الرمل فى المزارع الرملية.

قطر حبة الرمل (بالمليمتر)	التوزيع (٪)
أكثر من ٤,٧٦٠	١
٤,٧٦٠-٢,٣٨٠	١٠
٢,٣٨٠-١,١٩٠	٢٦
١,١٩٠-٠,٥٩٠	٢٠
٠,٥٩٠-٠,٢٢٧	٢٥
٠,٢٢٧-٠,١٤٩	١٥
٠,١٤٩-٠,٠٧٤	٢
أقل من ٠,٠٧٤	١

إقامة المزارع الرملية

تقام المزارع الرملية بإحدى الطرق الآتية:

١- بالزراعة على سطح أرض البيت بعد فرشه بالبلاستيك، ثم بالرمل المستخدم

كبيبه للزراعه وفى هذه الطريقة تحضر الأرض أولاً بالتسوية الجيدة، مع ميل يبلغ ١٥ سم لكل ٣٠ مترا، للمساعده على تحسين الصرف وغسل المزرعة إذا دعت الضرورة لذلك تفرش الأرض بعد ذلك بشرائح بوليثيلين سوداء بسمك ١٥٠ ميكرونا، مع جعل السرائح المتجاورة متداخلة لمسافة متر تقريبًا توضع بعد ذلك أنابيب للصرف بقطر ١/٢-١ بوصة على سطح البلاستيك فى خطوط، على أن يترك بين كل أنبوبة وأخرى مسافة موحدة (١٢٠-١٥٠ سم)، ويتوقف ذلك على طبيعة الرمل المستخدم فى المزرعة ويجب أن تكون خطوط الأنابيب مع اتجاه ميل الأرض وتوصل هذه الأنابيب فى الجانب ذى المستوى المنخفض من البيت بأنبوب صرف رئيسى

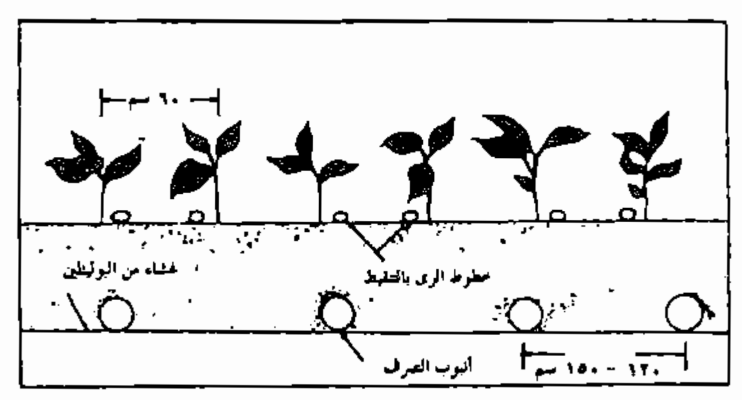
وقد تصمم المزرعة بحيث يكون انحدارها من الجانبين نحو الوسط، حيث يوضع أنبوب رئيسى للصرف يكون متصلا بأنابيب فرعية متعامدة عليه من الجانبين المائلين، مع جعل أرضية البيت كلها مائلة من أحد جانبى أنبوب الصرف الرئيسى نحو الجانب الآخر لتسهيل حركة ماء الصرف

هذا وتحتوى أنابيب الصرف على ثقوب من جانبها السفلى تسمح بدخول الماء الزائد إليها ويفيد هذا الوضع السفلى للثقوب فى تقليل فرصة نمو جذور النباتات خلالها ويجب أن تكون أطراف أنابيب الصرف بارزة فوق سطح التربة من بداياتها (من عند الأطراف التى توجد فى مستوى مرتفع من المزرعة) حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة

تلى ذلك تغطية الساحة كاملة بالرمل لعمق ٣٠ سم،مع مراعاة أن يكون سطح الرمل منحدرًا بانحدار سطح البيت نفسه، المغطى بالبلاستيك. ويلاحظ أن نقص عمق طبقة الرمل عن ٣٠ سم فى بعض المناطق يجعل من الصعب الاحتفاظ بمستوى واحد من الرطوبة فى كل أرجاء المزرعة. كما تزيد فرصة نمو جذور النباتات داخل أنابيب الصرف (شكل ٥-١)

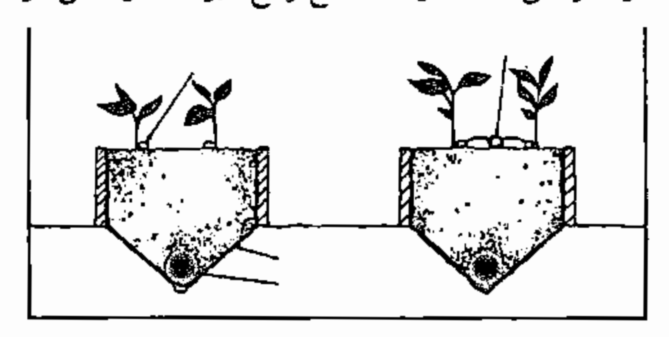
وتروى النباتات فى هذا النوع من المزارع بطريقة التنقيط ٤ مرات يوميًا لمدة ٥-٨ دقائق فى كل مرة. مع حقن ماء الرى بالمحاليل المغذية كما سبق الذكر هذا ولا

يعد استخدام ماء الصرف فى هذا النظام وإن كان من الممكن جمعه وتخزينه لحين استعماله فى الزراعات المكشوفة



شكل (٥-١): مزرعة رملية مقامة على أرض الصوبة بعد فرشها بالبلاستيك، ثم الرمل الذى يستخدم كبيئة للزراعة

٢- بالزراعة فى أحواض خاصة تصمم على سطح التربة مباشرة (شكل ٥-٢)، أو على سند خاصة وتبطن هذه الأحواض بالبوليثيلين الأسود، كما فى الطريقة السابقة. ويكون قاع الحوض مائلا بمقدار ١٥ سم لكل ٦٠ مترًا. ويوضع أنبوب للصرف فى القاع بامتداد طول الحوض. وتتصل أنابيب الصرف الخاصة بالأحواض المختلفة بأنبوب صرف رئيسى يسمح بتجميع الماء الزائد وتكون الأحواض بعرض ٦٠-٧٥ سم، وبعمق ٣٠-٤٠ سم. وقد يكون القاع مستويًا، أو مستديرًا، أو على شكل حرف V، مع وضع أنبوب الصرف فى الوسط.



شكل (٥-٢) مزرعة رملية فى أحواض خاصة على شكل حرف V، ومقامة على سطح الأرض مباشرة

خدمة المزارع الرملية

فى جميع أنواع المزارع الرملية تعطى النباتات فى كل رية محلولاً مغذيًا بالقدر الذى يكفى لتسرب ٨٪–١٠٪ فقط من كمية المحلول المضافة، وبذلك نضمن غسل الأملاح المتجمعة أولاً بأول، دون الإسراف فى استعمال المحاليل المغذية. ويجب فحص ماء الصرف مرتين أسبوعيًا لمعرفة تركيز الأملاح به، فإذا زادت على ٢٠٠٠ جزء فى المليون، وجب غسل المزرعة كلها بالماء إن كانت الأملاح الزائدة أساسها الصوديوم، فإن لم تكن كذلك فإنه يكفى الرى بالماء العادى لعدة أيام إلى أن تقوم النباتات نفسها بامتصاص الأملاح وخفض تركيزها فى المزرعة.

ويجب كذلك فحص جهاز حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى مرتين أسبوعيًا، للتأكد من دقه عمله كما يجب فحص تركيز الأملاح الذائبة فى الماء المستخدم فى الرى بعد حقنها بالمحاليل السمادية المركزة.

وعلى الرغم أن حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى تعد أفضل طريقة لإيصال المحلول المغذى إلى النباتات فى هذا النوع من المزارع، إلا أنه لا يوجد ما يمنع من تخزين محلول مغذ مخفف ليستعمل فى الرى مباشرة. وفى هذه الحالة يجب أن تكون الخزانات بسعة تكفى احتياجات جميع النباتات لمدة أسبوع واحد على الأقل. وإذا وجد أكثر من محصول واحد مزروع فى البيت نفسه، وكل منها ذو احتياجات سمادية خاصة به، لزم أن يكون لكل منها محلوله المغذى الخاص، ونظامه المستقل للرى، بما فى ذلك خزانات المحاليل المغذية، لكن لا يكون من السهل فى هذه الحالة تغيير تركيز العناصر فى ماء الرى حسب متطلبات النمو النباتى والعوامل الجوية، بينما يمكن تحقيق ذلك بسهولة عند اتباع نظام الحقن.

هذا .. ولا توجد معاملات خاصة بالمحاليل المغذية بعد تحضيرها سوى تقدير الـ pH كل فترة إن كان الماء المستخدم فى تحضير هذه المحاليل قلويًا بدرجة عالية كما يلزم تنظيف خزانات المحاليل السمادية من المواد العالقة والمترسبة كل فترة، خاصة

قبل إعاده تحضيرها من جديد. وفى حالة احتواء الرمل على نسبة عالية من الجير، وجب إعطاء عناية خاصة بالعناصر التى يمكن أن تثبت تحت هذه الظروف؛ مثل: الحديد. والفوسفور وغيرهما.

وتعقم المزارع الرملية بطرق التعقيم العادية بالمركبات الكيميائية، مثل: الفابام، الذى يمكن المعاملة به من خلال نظام الرى، لكنه لا يفيد فى التخلص من فيروسى موزايك التبغ وموزايك الخيار إن وجدا فى البيئة الرملية؛ حيث يلزم التخلص منهما بالتعقيم بالبخار.

مميزات وعيوب المزارع الرملية

المميزات

١- تعتبر المزارع الرملية من النظم المفتوحة التى لا يُعاد فيها استخدام المحلول المغذى. ولذا تقل فيها احتمالات انتشار أمراض الذبول وأعفان الجذور التى تحدث فيها الإصابة من خلال الجذور.

٢- تقل فيها احتمالات انسداد أنابيب الصرف بالنمو الجذرى؛ لأن البيئة الرملية تشجع على الانتشار الأفقى للجذور.

٣- تتوفر تهوية جيدة للجذور عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط مع الاختيار الدقيق للرمال المستخدمة فى المزرعة.

٤- تساعد حبيبات الرمل الدقيقة على انتشار المحلول المغذى أفقيًا ليصل إلى كل المجموع الجذرى للنبات

٥- لا توجد أية احتمالات للتغذية بمحلول سمادى غير متوازن، لأن كل نبات يصل إليه محلول سمادى جديد بصورة دائمة.

٦-تقل فيها التكلفة الإنشائية عما فى أنواع المزارع اللاأرضية الأخرى.

٧- تكون إدارة وصيانة المزرعة الرملية أسهل مما فى أنواع المزارع اللاأرضية الأخرى

٨- يكون الرى على فترات أكثر تباعدا مما فى مزارع الحصى، بحيث يمكن إصلاح أية مشاكل طارئة فى نظام ضخ المياه قبل أن تعانى النباتات نقص الرطوبة الأرضية

العيوب

١- تستهلك المزارع الرملية كميات من مياه الرى والأسمدة أكبر من استهلاك مزارع الحصى

٢- قد تتراكم الأملاح فى المزارع الرملية. وتعالج هذه الحالة بغسيل المزرعة دوريًا بالماء العذب

٣- يؤدى استعمال رمال جيرية إلى حدوث ارتفاع مستمر فى pH المحلول المغذى، مع تعرض الحديد والعناصر الدقيقة الأخرى للتثبيت

٤- ضرورة تعقيم المزرعة بالتبخير أو بالبخار بين الزراعات المتتالية، ولا يكفى التطهير بهيبوكلوريد الصوديوم (الكلوراكس التجارى) مثلما يحدث فى مزارع الحصى

مزارع الحصى

إقامة وخدمة مزارع الحصى

تعتبر مزارع الحصى Gravel Culture من أكثر المزارع المائية انتشارا، وهى من النظم المغلقة Closed Systems التى تستعاد فيها المحاليل المغذية، ويعاد استعمالها عدة مرات وتتكون بيئة نمو الجذور فى هذه المزارع من حصى صغير يكون أغلبه بحجم حبة البسلة.

وأفضل أنواع الحصى لهذه المزارع هو الجرانيت المجروش فى صورة حبيبات صغيرة غير منتظمة تتراوح فى قطرها بين ١٦ مم و ١٨ مم، على أن يكون أكثر من نصف الحصى المستعمل بقطر ١٢ مم تقريبًا، وأن يكون من نوعية صلبة لا تتفتت مع الاستعمال

وتصمم مزارع الحصى بحيث تسقى النباتات فيها إما بطريقة الرى تحت السطحى،

وإما بطريقة التنقيط، لكن أغلبية المزارع يتبع فيها النظام الأول، حيث يضخ المحلول المغذى من أسفل حتى يصل مستواه إلى نحو ٢,٥ سم من سطح المزرعة، ثم يسمح له بالصرف ثانية إلى خزان المحلول ليعاد ضخه من جديد بعد فترة ... وهكذا يستمر استعمال المحلول نفسه لمدة تتراوح بين أسبوعين وستة أسابيع، ثم يتم التخلص منه، ويحضر محلول جديد.

وأنسب المحاليل المغذية للاستعمال فى مزارع الحصى هى التى يبلغ فيها تركيز العناصر – بالجزء فى المليون – كما يلى:

النيتروجين	١٠٥	الحديد	١,٢
الفوسفور	٥٠	البورن	٠,٠٠٨
البوتاسيوم	١٨٥	المنجنيز	٠,٥
الكالسيوم	١١٠	الزنك	٠,١
المغنيسيوم	٨٠	النحاس	٠,٠٣
الكبريت	١١٠	الموليبدنم	٠,٠٠١

وتؤثر الفترة بين الريات تأثيرًا كبيرًا على إمداد النباتات بحاجتها من الماء والعناصر الغذائية والأكسجين اللازم لتنفس الجذور. وتتأثر الفترة المناسبة – بدورها – بعدد من العوامل؛ هى:

١- حجم الحبيبات.

٢- مسطح الحبيبات.

٣- المحصول المزروع.

٤- مقدار النمو النباتى.

٥- العوامل الجوية.

٦- الوقت من اليوم.

فالحبيبات المنتظمة الشكل الكبيرة تحتاج إلى تكرار الرى على فترات متفاوتة. عما إذا كانت الحبيبات غير منتظمة الشكل، وصغيرة، وذات مسطح كبير. وتحتاج النباتات

الطويلة (التى تنمو رأسيًا كالطماطم والخيار) إلى الرى على فترات متقاربة، عما فى حالة النباتات القصيرة (كالخس) لزيادة المسطح الورقى فيها، بالمقارنة بالنباتات القصيرة النمو، كما تتقارب الريات فى الجو الحار وفى وسط النهار، حيث ترتفع درجة الحرارة، وتزداد شدة الإضاءة

هذا ويتراوح عدد مرات الرى لمعظم مزارع الحصى من ٣-٤ مرات يوميًا خلال فصل الشتاء - حينما يكون الجو ملبدا بالغيوم - إلى كل ساعة على الأكثر نهارا فى الجو الحار أثناء الصيف، ولا حاجة إلى الرى ليلاً ونظرًا لأن النباتات تمتص الماء بسرعة أكبر مما تمتص العناصر الغذية، لذا فإننا نجد أن تركيز الأملاح يزداد تدريجيًا فى الغشاء المائى المحيط بحبات الحصى بعد كل رية وتزداد سرعة تركيز الأملاح مع زيادة معدل النتح، لكن الرية التالية تخفض تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بحبات الحصى إلى المستوى الموجود فى المحلول المغذى. ومن الضرورى التحكم فى الفترة بين الريات، بحيث لا يزداد تركيز الأملاح بهذا الغشاء إلى الحد الذى يضر بالنباتات، أو يؤدى إلى استنزاف العناصر الغذية منه، وهو الأمر الذى قد يحدث عند تأخير الرى كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم، خاصة عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع

وعلى الرغم من أن الرى يعيد تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بالحصى إلى ما هى عليه الحال فى المحلول المغذى، إلاَّ أن تكرار الرى بالمحلول نفسه يؤدى حتمًا إلى تغيرات فى تركيبه. بما فى ذلك تركيز الأملاح، ونسبة العناصر لبعضها البعض، والـ pH، ولهذا تحتاج المحاليل المغذية إلى عمليات خدمة خاصة، وذلك للمحافظة عليها قريبة من الصورة التى كانت عليها بعد تحضيرها مباشرة.

هذا وتؤثر سرعة ضخ المحلول المغذى فى بيئة الحصى وانصرافه منها على توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور والنمو الطبيعى للنباتات فنجد عند ضخ المحلول المغذى من أسفل أنه يدفع الهواء الموجود فى المسافات البينية، وهو يحتوى على نسبة

أقل من الأكسجين، ونسبة من ثاني أكسيد الكربون أعلى مما يوجد في الهواء الجوى. وعندما ينصرف المحلول المغذى، فإن الهواء الجوى الغنى بالأكسجين يحل محله تدريجيًا؛ وبذلك تتحقق التهوية اللازمة لتنفس الجذور وكلما ازدادت سرعة تحرك المحلول المغذى في البيئة، ازدادت سرعة التهوية، لكن تقصير المدة بين الريات كثيرًا قد يؤدى إلى قلة التهوية؛ نظرًا لأن المسافات البينية الصغيرة تكون مازالت ممتلئة بالمحلول المغذى قبل الرية التالية؛ وبذلك لا يتجدد الهواء في البيئة.

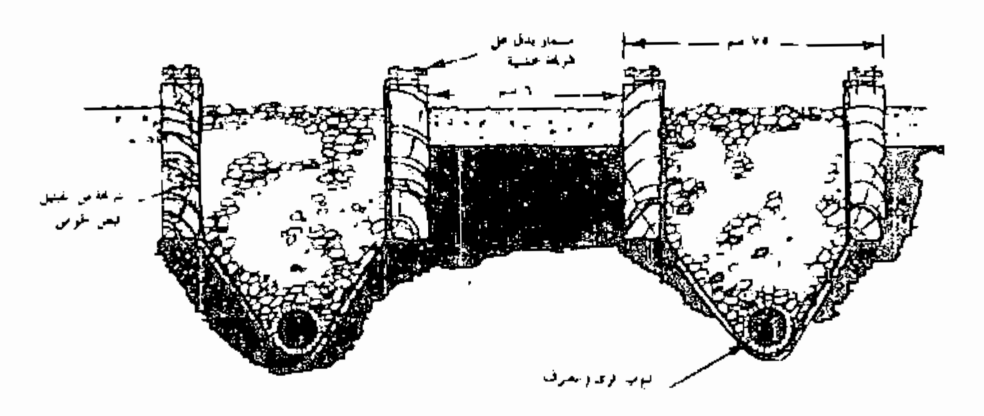
ويكفى عادة ٢٠–٣٠ دقيقة لضخ المحلول المغذى، وصرف الزائد منه بالكامل؛ بحيث لا يتبقى منه سوى غشاء رقيق يحيط بالحصى حتى الرية التالية. ويمكن تحقيق ذلك بوضع أنابيب صرف كبيرة فى قاع مزرعة الحصى.

وقد سبق أن ذكرنا أن المحلول المغذى يجب أن يصل مستواه إلى أسفل سطح مزرعة الحصى بنحو ٢,٥ سم. ويفيد ذلك فى بقاء سطح المزرعة جافًا، فلا تنمو عليه الطحالب. كما يقل فقد الماء بالتبخير، ويساعد على خفض الرطوبة النسبية عند قاعدة النبات، ويمنع نمو الجذور فى الطبقة السطحية من الحصى. وترجع أهمية ذلك إلى أن الحصى قد ترتفع درجة حرارته كثيرًا فى الجو الحار؛ مما يضر بالجذور. ويمكن التحكم في المستوى الذى يصل إليه المحلول المغذى فى بيئة الزراعة بوضع أنابيب لصرف المحلول الزائد عند المستوى المرغوب.

ويجب ألا تقل درجة حرارة المحلول المغذى أبدًا عن درجة حرارة الهواء المحيط بالنبات؛ لأن الحرارة الشديدة الانخفاض قد تؤدى إلى ذبول النباتات. ويفضل تخزين الماء اللازم لتجديد المحاليل المغذية منذ الصباح حتى ترتفع درجة حرارته أثناء النهار. وإذا لزم الأمر تدفئته صناعيًا، فإنه يمكن إجراء ذلك بسهولة بالطرق الكهربائية، على ألا يكون بملفات التسخين أية طبقات من الرصاص أو الزنك؛ لأنها قد تسبب تسمم النباتات بهذه العناصر. ويفضل أن تكون الملفات من الصلب الذى لا يصدأ، أو أن تكون مغلفة بالبلاستيك.

تصمم أحواض الزرعه على سكل حرف V (شكل ٥-٣). وتصنع من الخشب المبطن بالبلاستيك، أو من الأسمنت المسلح، لأن جميع الأجزاء المعدنية تتآكل بسرعة نتيجة لوجود الأملاح السمادية فى المحاليل المغذية. كما أن الأجزاء المعدنية المجلفنة والمغطاة بالنحاس يمكن أن تؤدى إلى تسمم النباتات من جراء إحداثها لزيادة كبيرة غير مرغوبة فى تركيز عنصرى الزنك والنحاس، وهما عنصران لا يحتاج إليهما النبات إلاّ بتركيزات منخفضة للغاية. ولهذا يفضل أن تكون جميع المواد المستخدمة فى صنع هذه المزارع من البلاستيك. بما فى ذلك أنابيب ضخ وصرف المحاليل المغذية التى تصنع من البولى فينايل كلورايد (PVC). وتكون بقطر ٣ بوصات، وتوضع فى قاع الحوض

هذا وتكون الأحواض بعرض لا يقل عن ٦٠ سم، وبعمق ٣٠-٣٥ سم، وبطول لا يزيد على ٣٦-٤٠ مترًا، وبميل قدره ٥ ٢-٥ سم كل ٣٠ مترا



شكل (٥-٣): مزرعة حصى تروى بطريقة الرى تحت السطحى

ويتم إدخال المحلول المغذى من الأنابيب إلى البيئة، ثم يصرف منها إلى الأنابيب ثانية من خلالها ثقوب صغيرة يتراوح قطرها بين ٦ مم و ١٢ مم فى الثلث السفلى من الأنابيب. وتوزع هذه الثقوب كل ٣٠-٦٠ سم على امتداد الأنابيب

وقد تكون الأحواض محفورة فى الأرض (الرملية عادة)، وقد تقام على مناضد مرتفعة عن سطح الأرض وفى كلتا الحالتين تبطن الأحواض (بعد إقامتها حسب التصميم والميل

المناسبين) بشرائح الفينايل بسمك نصف ملليمتر (٥٠٠ ميكرون)، ثم توضع أنبوبة الـ PVC في مكانها بالقاع، على أن تكون ثقوبها لأسفل، حتى لا تنمو فيها جذور النباتات بسهولة. أما بطانة الفينايل، فإنها تثبت في حافة جانبي الحوض من أعلى بمسامير.

تملأ الأحواض حتى مستوى يقل عن حافتها بمقدار ٢,٥ سم من جانب خزان المحلول المغذى. وبمقدار ٥ سم من الجانب الآخر. ويؤدى ذلك إلى جعل مستوى المحلول المغذى على بعد ٥ ٢ سم من قمة الحصى بامتداد حوض الزراعة، لأن قاع الحوض يكون منحدرًا. بينما يكون مستوى المحلول المغذى أفقيًا، وبذلك يمكن المحافظة على مستوى واحد للرى والرطوبة الأرضية بامتداد الحوض.

ويجب أن تبرز أنابيب الرى والصرف أعلى مستوى المزرعة من جانب الأحواض القريب من خزان المحلول المغذى؛ حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة. ويجرى ذلك مرة واحدة سنويًا بطريقة آلية يستعمل فيها جهاز يُدير فرشًا خاصة داخل الأنابيب.

ومن الضرورى أن يكون الخزان المستعمل في حفظ المحلول المغذى كبيرًا بدرجة تتسع لضعف كمية المحلول اللازمة لملء أحواض الزراعة؛ حتى يتوفر الأمان الكافى بالنسبة للرى والتغذية. كما يجب أن تكون طلمبة ضخ المحلول قادرة على ملء المراقد حتى المستوى المطلوب خلال ١٠-١٥ دقيقة، وأن تكون أنابيب الصرف قادرة على تصريف كل المحلول الزائد خلال ١٠-١٥ دقيقة أخرى. ويفضل أن تخصص مضخة للمحلول المغذى لكل ٣٥٠-٣٧٥ مترًا مربعًا من المزرعة.

أما عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط، فإن المنقطات توضع بالقرب من قاعدة النبات، وينصرف المحلول الزائد من أسفل من أنابيب الـ PVC. ولا يختلف تصميم هذا النظام عن سابقه، إلا أن حبيبات الحصى يجب أن تكون أصغر حجمًا (بقطر يتراوح بين ٣ مم و ٦ مم)؛ لتسمح بالحركة الأفقية للمحلول المغذى. وتتميز طريقة الرى بالتنقيط بأن

أنابيب الرى لا تنسد بنمو الجذور فيها، كما أن التهوية تكون أفضل مما فى طريقة الرى تحت السطحى ويعيبها قلة الحركة الأفقية للماء فى منطقة نمو الجذور بسبب كبر المسافات بين حبيبات الحصى، مما يؤدى إلى كثرة النمو الجذرى فى القاع، حيث تتوفر الرطوبة، وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد ثقوب أنابيب الصرف بنمو الجذور فيها

وتعقم مزارع الحصى بين الزراعات المتتالية بمحلول مركز نسبيًا من هيبوكلوريد الصوديوم، أو حامض الأيدروكلوريك يتراوح تركيز الكلور فيه بين ١٠٠٠٠ و ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون وتغسل المراقد والخزانات عدة مرات بالمحلول كل منها لمدة ٢٠ دقيقة. ثم تصفى وتغسل جيدًا بالماء عدة مرات، وتترك بعد ذلك مهواة لمدة يوم أو يومين قبل استعمالها فى الزراعة مرة أخرى. ومع تراكم الجذور النباتية فى الحصى سنة بعد أخرى لا يصبح التعقيم بهيبوكلوريد الصوديوم مجديًا، ويلزم حينئذٍ التعقيم بالفابام

وفى حالة رش النباتات أو تعفيرها أو تبخيرها بأية مادة لمدة طويلة، فإنه يجب الإسراع بغسل المزرعة جيدًا بالماء بعد المعاملة مع صرف الماء المستعمل فى الغسيل؛ حتى يتم التخلص من أية مادة قد تضر بجذور النباتات .

عمليات خدمة المحاليل المغذية فى مزارع الحصى

تستعمل المحاليل فى مزارع الحصى (كما فى جميع النظم المغلقة Closed Systems) عدة مرات ولمدة طويلة؛ مما يؤدى إلى إحداث تغيرات كبيرة فى التركيز الكلى للعناصر بها، وفى التركيز النسبى لكل عنصر وفى الـ pH وتتوقف سرعة حدوث هذه التغيرات على العوامل التى تؤثر على سرعة النتح، وسرعة امتصاص العناصر؛ وهى:

١- العوامل الجوية من حرارة، وضوء، ورطوبة نسبية

٢- المحصول المزروع

٣- مرحلة النمو النباتى

ونظرًا لأن امتصاص النباتات للماء يكون أسرع من امتصاصها للعناصر، فإن التركيز العام للعناصر بالمحلول المغذى يزداد مع استمرار استعماله فى الرى. ولهذه الأسباب . فإن المحاليل المغذية فى النظم المقفلة تخضع لعمليات خدمة خاصة كما يلى:

تعديل تركيز العناصر فى المحلول المغذى وتجديده على فترات

تجدد المحاليل المغذية على فترات كالتالى:

١- أسبوعيًا عند استعمالها فى تغذية النباتات القوية النمو وهى فى مرحلة الإثمار، خاصة تحت الظروف الجوية المناسبة للنمو.

٢- كل ٢-٣ أسابيع عند استعمالها فى الظروف الجوية العادية، وفى مراحل النمو الأخرى

٣- كل ٢-٣ أشهر كحد أقصى عند استعمالها فى الحالات التى تتخذ فيها إجراءات خاصة كالتالى:

أ- تحليل المحلول المغذى للتعرف على العناصر التى يتناقص تركيزها، وتلك التى يتزايد تركيزها النسبى فى المحلول المغذى.

ب- إضافة الأسمدة التى تعوض العناصر التى تستنفذ بسرعة من المحلول المغذى.

جـ- عند تحليل العناصر وتسجيل درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى يوميًا أو كل ٢-٣ أيام لمراقبة تركيز العناصر التى يتزايد تركيزها النسبى؛ نظرًا لعدم امتصاص النبات لها بمعدل امتصاصه نفسه للعناصر الأخرى، مع عدم السماح بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٤ ملليموز/سم. علمًا بأن المجال المناسب يتراوح بين ٢ ملليموز و ٤ ملليموز/سم ويجدد المحلول عادة كل شهرين مع تعديل تركيزه أسبوعيًا بالتحليل المنتظم. وتقل الفترة عن ذلك إذا كان حصى المزرعة قد سبق استخدامه فى الزراعة من قبل

المحافظة على حجم المحلول المغذى

يجب الإبقاء على كمية المحلول المغذى ثابتة لمنع تركيز الأملاح به. ويتوقف مقدار

الماء المضاف على كمية الماء التى تمتصها النباتات، والتى تتراوح عادة بين ٥٪ و ٣٠٪ من حجم المحلول المغذى يوميًا.

ويمكن تعويض الماء الممتص بإحدى الطرق التالية:

١- بإعادة المحلول المغذى إلى حجمه الأصلى يوميًا.

٢- بإعادة المحلول المغذى إلى أكثر من حجمه الأصلى أسبوعيًا، حيث يتناقص إلى أقل من حجمه الأصلى مع نهاية الأسبوع قبل إضافة الماء إليه من جديد.

٣- بتزويد خزان المحلول المغذى بمصدر للماء ذى صمام تتحكم فيه عوامة طافية تغلق الصمام عند وصول مستوى المحلول المغذى إلى المستوى المطلوب، وهى أفضل طريقة.

وكإجراء وقائى للتغلب على مشكلة نقص حجم المحلول المغذى، فإنه يفضل استعمال كمية كبيرة منه، بتخصيص ما لا يقل عن ٧ لترات لكل نبات، ويفضل زيادتها إلى ١٥-٢٠ لترًا. حيث يمكن فى هذه الحالة إعادة استخدام المحلول المغذى عدة مرات بدون مشاكل.

المحافظة على pH المحلول المغذى فى المجال المناسب

تؤدى كثرة استعمال المحلول إلى تغيرات فى الـ pH، نتيجة عدم امتصاص النباتات للعناصر بالقدر نفسه، كما تزداد هذه التغيرات عند المحافظة على حجم المحلول بإضافة ماء يحتوى على نسبة مرتفعة من الكالسيوم والبيكربونات؛ لذلك فإنه يلزم اختبار pH المحلول المغذى أسبوعيًا، للوقوف على أى تغيير فيه، مع تعديله إن لزم الأمر ليكون دائمًا فى المجال المناسب، وهو ٦-٦,٥. وأفضل وسيلة لتعديل الـ pH هى باستخدام الأحماض والقلويات (Johnson ١٩٧٩، و Resh ١٩٨٥).

مميزات وعيوب مزارع الحصى

المميزات

من أهم مميزات مزارع الحصى ما يلى:

١- تجانس رى وتغذية النباتات.

٢- يمكن أتمتة النظام بالكامل.

٣- توفير تهوية جيدة للجذور

٤- تصلح لإنتاج عديد من المحاصيل.

٥- تناسب المناطق التى لا تصلح أراضيها للزراعة.

٦- كفاءة استخدام المياه والأسمدة؛ لأن النظام مغلق.

العيوب

من أهم عيوب مزارع الحصى ما يلى:

١- ارتفاع التكاليف الإنشائية.

٢- تراكم الجذور فى الحصى مع تكرار الزراعة سنة بعد أخرى؛ وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد الثقوب التى توجد بأنابيب الرى والصرف، مع العلم بأن التخلص من هذه الجذور يعد أمرًا غاية فى الصعوبة.

٣- احتمال الانتشار السريع لبعض الآفات المرضية التى تصيب النباتات عن طريق الجذور، مثل الفطريات المسببة للذبول الفيوزارى، وذبول فيرتيسيليم (Resh ١٩٨٥).

مزارع بالات القش

إقامة مزارع بالات القش

تعتبر مزارع بالات القش Straw Bale Culture من النظم المفتوحة Open Systems التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية.

وقد استخدمت مزارع بالات القش فى أوروبا وفى بعض البلدان العربية — كالعراق —

تعرض انتاج الحبار ومن اهم عيوبها أن القش يكون سريع التحلل، فلا يمكن استعماله إلا لموسم زراعى واحد. لكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة جذور النباتات، وزيادة نسبة غاز ثانى اكسيد الكربون فى الصوبة.

يكفى – عادة – من ١٠ إلى ١٥ طنًّا من بالات القش لكل ١٠٠٠م٢ من البيوت المحمية.

تفرش أرضية البيت أولاً بشرائح البوليثيلين، ثم توضع بالات قش القمح أو الشعير عليها – او فى خندق -- فى موضع خطوط الزراعة. على أن يزيد عرض شرائح البوليثيلين عن عرض البالات المستعملة بمقدار ٣٠ سم من كل جانب، ثم تشبع البالات جيدا بالماء الدافئ الذى تتراوح حرارته بين ٥٠°م و ٧٠°م، ويلزم لذلك عادة ٦٠ لتر ماء يوميًا لكل بالة (زنة ٢٠ كجم) لمده أربعة أيام وبعد ذلك تضاف نترات الأمونيوم بمعدل ١٤٠ - ١٧٠ جم لكل بالة. ثم تروى يوميًا لعدة أيام ويضاف فى كل من اليومين السابع والعاشر نحو ١٥ جراما اخرى من نترات الأمونيوم. كما تضاف أيضًا فى اليوم العاشر الكميات التالية من الأسمدة لكل ٢٠ كيلو جرامًا من القش

٣٠٠ جم سوبر فوسفات أحادى

٣٠٠ جم نترات بوتاسيوم

٨٥ جم كبريتات مغنيسيوم

٥٥ جم كبريتات الحديدوز

ثم تروى البالات يوميًا إلى أن تصبح بالات القش جاهزة للزراعة ويجب عدم استخدامها فى الزراعة قبل أن تنخفض حرارتها إلى ٢٨°م، لأنها قد تصل إلى ٦٠°م وهى فى ذروة التحلل.

وتجرى الزراعة بوضع نباتات الخيار أو الطماطم فى حفرة صغيرة تعمل فى البالة وتتسع لصلية الجذور وقد تضاف التربة لهذه الحفرة إن كانت الجذور بدون صلية حولها وتروى النباتات بعد ذلك بطريقة التنقيط مع حقن الماء المستعمل فى الرى بالمحاليل المغذية القياسية المركزة

ويراعى فى هذا النظام عمل حساب النقص الذى يحدث فى ارتفاع البالة نتيجة التحلل بجعل الخيوط التى تربى عليها النباتات مرتخية قليلاً، حتى لا يؤدى تحلل البالة ونقص ارتفاعها إلى نزع النباتات من جذورها خارج القش. كما يراعى أن الاحتياجات المائية تكون أكبر، نتيجة لزيادة مسطح التبخر من بالات القش (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩).

وقد تروى مزارع القش بطريقة الرذاذ (المست) مع إضافة الأسمدة الصلبة إلى سطح البالات لتذوب تدريجيًا فى ماء الرى.

خدمة مزارع بالات القش

إن من أهم عمليات خدمة مزارع بالات القش ما يلى:

١– الرى:

يجب الاهتمام بالرى المستمر، وذلك لضعف قدرة القش على الاحتفاظ بالماء ويتم الرى إما بالتنقيط (خاصة فى المواسم الباردة)، وإما بالرذاذ (خاصة فى المواسم الحارة).

٢– التسميد:

تحتاج النباتات فى مزارع القش إلى مزيد من التسميد، وخاصة الأسمدة الآزوتية والبوتاسية، كما يتعين كذلك التسميد بالعناصر الدقيقة إما مع ماء الرى بالتنقيط، وإما رشًا على النباتات. وإذا ظهرت حاجة إلى التسميد ببقية العناصر الضرورية – مثل الفوسفور، والكالسيوم، والمغنيسيوم – فإنها تضاف إما مع ماء الرى بالتنقيط، وإما على سطح بالات القش.

مميزات وعيوب مزارع بالات القش

تتميز مزارع بالات القش بما يلى:

١– عدم الحاجة إلى تعقيم التربة؛ لأنها تكون معزولة عن بالات القش بشريحة بلاستيكية.

٢– عدم الحاجة إلى عمليات تجهيز الأرض للزراعة.

٣- توفر تهوية جيده للجذور.

٤- توفر العناصر الغذائية بصورة ميسرة للنبات

٥ تنطلق كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة لتحلل القش، الأمر الذي يرفع من معدلات البناء الضوئي

ومن أهم ما يعيب هذه المزارع احتياجها إلى كميات كبيرة من مياه الري، كما أن لقش المستعمل يجب أن يكون خاليا تماما من بقايا مبيدات الحشائش.

مزارع الصوف الصخرى

الصوف الصخرى وخصائصه

تعتبر مزارع الصوف الصخرى Rockwool Culture من النظم المفتوحة open Systems التى لا يعاد فيها استخدام المحاليل المغذية. وفيها تنمو جذور النباتات في بيئة صناعية تسمي بالصوف الصخرى Rockwool (يشبه اللباد)، وتسقى بماء يحقن أثناء عملية الري بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط

وقد بدأت مزارع الصوف الصخرى في الدانمرك في الخمسينيات من القرن الماضي. وانتشرت في السنوات الأخيرة في دول أخرى كثيرة، وحلّت جزئيًا محل مزارع تقنية الغشاء المغذى التى ترتفع تكاليفها الإنشائية، وتعتمد كثيرًا على الطاقة في تشغيلها

ويصنع الصوف الصخرى بتسخين الحجر الجيرى وصخر البازلت معًا إلى درجة ١٦٠٠ °م، حيث ينصهران، ثم يتدفقان في جهاز يدور بسرعة عالية جدًا، حيث تتكون من السائل المنصهر ألياف رفيعة تضاف إليها مواد أخرى قبل أن تبرد؛ لتجعلها قادرة على الاحتفاظ بالرطوبة وعندما يتجمد المنتج النهائي، فإنه يكون على شكل وسائد طولية من ألياف بقطر ٥ ميكرونات. وتحتوى على ٩٧٪ مسافات بينية مملوءة بالهواء. وتبلغ كثافتها ٧٠ كجم/متر مكعب وتكون الألياف - في وسائد الصوف الصخرى المستعمل في الأغراض الزراعة —

رأسية، لتسمح بتحرك الماء ونمو الجذور رأسيًا بصورة جيدة. أما الألياف الأفقية، فإن الجذور لا تتعمق خلالها كثيرًا، بل تميل إلى النمو الأفقي.

هذا . ولا يتحلل الصوف الصخرى بيولوجيًا، ولا يحتوى على أية مواد ذائبة، وعليه .. فإنه لا يمد النبات بأى غذاء. كما أنه لا يدمص العناصر المغذية؛ لأن سعته التبادلية الكاتيونية لا تذكر. ويتراوح الـ pH فيه بين ٧ و ٨,٥. وفى بداية الزراعة نجد أن الصوف الصخرى يؤدى إلى رفع pH المحلول المغذى الذى يبلله لأول مرة بمقدار وحدة pH ولهذا فإنه يجب أن يقل pH المحلول المغذى بهذا القدر عند أول استخدام للوسائد

من أهم مزايا الصوف الصخرى أنه رخيص نسبيًا. وخامل كيميائيًا، ولا يتحلل بيولوجيًا. ويحتوى على فراغات هوائية بنسبة حوالى ٩٧٪. وفراغاته متجانسة فى الحجم (وذلك أمر مهم بالنسبة للاحتفاظ بالماء)، ويسهل تصريف المحلول المغذى الزائد منه. كما يسهل تدفئته شتاءً.

ويتوفر الصوف الصخرى على الأشكال التالية:

١- على شكل حبيبات صغيرة تفيد فى زيادة التهوية بمخاليط الزراعة التى تستعمل فى الأصص، حيث تضاف إلى المخاليط بنسبة ٣٣٪ بالحجم.

٢- على مكعبات طول ضلعها ٤ سم أو ٧,٥ سم لأغراض إنتاج الشتلات. ترص المكعبات الصغيرة على طاولات الزراعة. أما الكبيرة، فإنها تغلف من جوانبها بالبوليثيلين، لمنع التبخر والنمو الجانبى للجذور فى المكعبات المجاورة. ويمكن أن تجهز المكعبات الكبيرة بانخفاضات صغيرة فى مركزها لتوضع بها المكعبات الصغيرة.

٣- على شكل وسائد بسمك ٥ ٧ سم. وعرض ١٥-٣٠ سم، وبطول ٧٥، و ١٠٠، و ١٢٥ سم. وتعبأ الوسائد فى أكياس من البوليثيلين الأبيض، أو الأبيض من الخارج والأسود من الداخل.

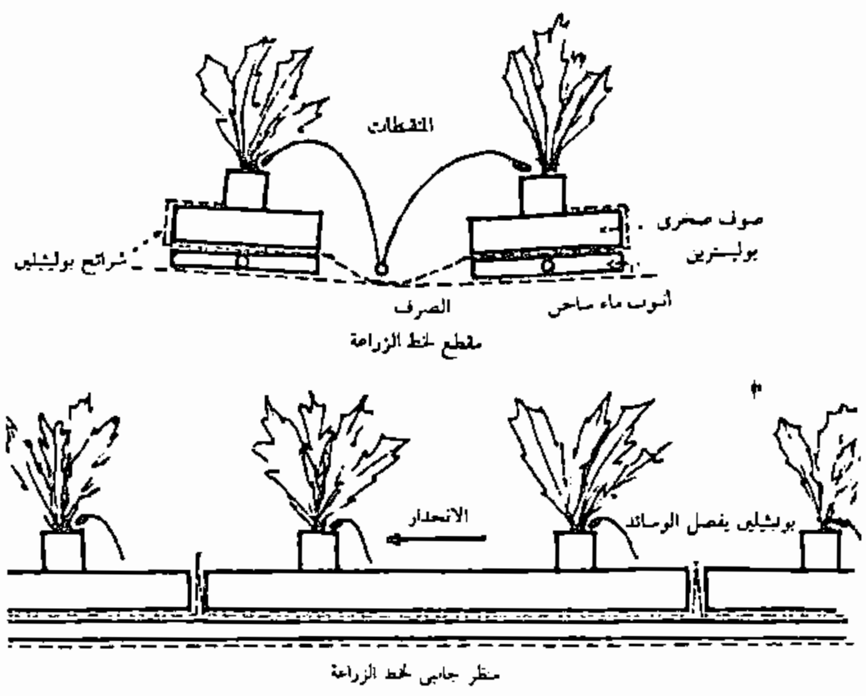
ومن أهم مزايا مزارع الصوف الصخرى (والبرليت) عدم إعادة استعمال المحلول المغذى فيهما، فلا توجد فرصة لانتشار المسببات المرضية التى تعيش فى بيئة نمو الجذور، فضلاً عن أن المرض — إن وجد — لا ينتشر خارج الوسادة أو الكيس

ونظرًا لارتفاع أسعار الصوف الصخرى، فقد تقلصت كثيرًا أحجام الوسائد المستخدمة منه فى الزراعة ففى أريزونا تستخدم وسائد بأبعاد ٥ × ٧ × ١٣٠ × ١٥ سم لزراعة ٦ نباتات طماطم، حيث يخص كل نبات ٢٤٣٨ سم^{3} — فقط — من بيئة نمو الجذور، ولذا .. فإنها تُروى أكثر من ٣٠ مرة يوميًا (Jensen ١٩٩٧).

إنشاء وخدمة مزارع الصوف الصخرى

يتم فى مزارع الصوف الصخرى زراعة البذور — مباشرة — فى مكعبات صغيرة من الصوف الصخرى توجد بقمتها حفرة صغيرة. تشبع هذه المكعبات الصغيرة بالمحلول المغذى، و "تشتل" على مكعبات أكبر من الصوف الصخرى التى تُصنع خصيصًا لتلقى المكعبات الأصغر التى توجد بها البذور النباتية. تلف هذه المكعبات الأكبر من جوانبها بغشاء بلاستيكى أسود. ثم توضع على ألواح الصوف الصخرى الممتدة على أرض البيت المحمى. تكون الألواح — عادة — بعرض ١٥—٣٠ سم، وبطول ٧٥—١٠٠ سم، وبسمك ٧,٥ سم. ويزرع — عادة — بكل وسادة نباتا خيار، أو ثلاثة نباتات طماطم أو فلفل. ويكون الرى — دائمًا — بالتنقيط فى مزارع الصوف الصخرى ويوضح شكل (٥—٤) التصميم العام للمزرعة.

يكون شتل المكعبات الصغيرة على الألواح من خلال ثقوب تعمل فى الغشاء البلاستيكى وإذا كان المجموع الجذرى جيد التكوين فى المكعبات فإنه يتحرك نحو الألواح فى خلال يومين إلى ثلاثة أيام. ويتلقى كل نبات المحلول المغذى الخاص به من خلال نقاطات خاصة بكل نبات، وبمعدل يتناسب مع حاجة النبات والظروف البيئية.



شكل (٥-٤) تخطيط لمزرعة صوف صخرى.

تغطى أرض الصوبة بغشاء من البوليثيلين الأبيض لأجل النظافة وعكس الضوء الساقط عليه. وترص ألواح الصوف الصخرى - عادة - فى خطوط مزدوجة، وتلف كل منها بغشاء من البوليثيلين الأبيض.

ويؤدى تغليف وسائد الصوف الصخرى بالبوليثيلين إلى منع تسرب المحلول المغذى إلى المناطق المنخفضة ومنع انتشار الأمراض. وتُشق فتحات صغيرة فى الغلاف البلاستيكى للوسائد قرب القاعدة بالجانبين فى منتصف المسافة بين النباتات، وكذلك فى نهايتى كل وسادة، للمساعدة على تحسين الصرف، وتشجيع الحركة الأفقية للمحلول المغذى فى الوسادة

عند صف وسائد الصوف الصخرى (أو أكياس البرليت) فإنها يجب أن توضع على ارضية منحدرة قليلا نحو قناة سطحية لتجميع ماء الصرف توجد فى منتصف المسافة بين

صفى الوسائد أو الأكياس، وهى التى يجب أن تبعد عن بعضها البعض (من المركز للمركز) بمسافة ١٥٠ سم ويتم عمل شقوق عند حافة قاعدة كل كيس للسماح بصرف الماء الزائد إلى القناة المركزية، لتتجمع ويتم إخراجها من الصوبة ولا يعاد استعمال المحلول الغذائى المنصرف فى الرى، ولكن يمكن استعماله فى تسميد الزراعات الخارجية.

وإذا رُغب فى تدفئة الألواح فإنها ترص فوق ألواح من البوليسترين المتعرج فى سطحه العلوى ليوفر مكانًا لأنابيب الماء الساخن (Marr ١٩٩٤، و Sweat & Hochmuth ٢٠٠١)

تسقى النباتات دائمًا بالمحاليل المغذية بنظام حقن المحاليل القياسية المركزة فى ماء الرى أثناء عملية الرى وتحتاج النباتات إلى ثلاث ريات يوميًا فى المتوسط، لكن عدد الريات قد يختلف عن ذلك حسب حجم النباتات ودرجة حرارة الجو ويجب أن يتوقف الرى عندما يبدأ تنقيط المحلول المغذى من الوسادة، مع إعطاء رية غزيرة كل فترة لمنع تراكم الأملاح داخل الوسائد.

إن التحكم فى تدفق المحلول المغذى فى مزارع الصوف الصخرى والبرليت يجب أن يكون عند المنبع (الـ starter tray)، بحيث يكون المعدل ١٥٠ مل فى كل رية لكل وسادة صوف صخرى أو كيس برليت، ويمكن تعديل معدل التدفق فى النظام وفى فترة دورة التشغيل لتحقيق ذلك الهدف.

ويمكن التحقق من صحة معدل التدفق بمقارنة درجة التوصيل الكهربائى فى المحلول المغذى الداخل للنظام بتلك التى تكون بالمحلول المنصرف من الوسائد أو الأكياس. ويكون حجم المحلول المنصرف — عادة — فى حدود ١٠٪ إلى ٢٠٪ من حجم المحلول الذى دخل النظام ابتداءً. ويجب ألاّ تتباين درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المنصرف بأكثر من مللى موه واحد (وحدة EC واحدة) على أى من جانبى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى المستعمل. ويستدل من الـ EC الأعلى من ذلك فى وسائد أو أكياس الزراعة أن الرى لم يكن بالقدر الكافى، مما جعل النباتات تستهلك الماء بسرعة

أكبر من امتصاصها للأملاح. وفى مزارع الأكياس وبعض أنواع المزارع اللاأرضية الأخرى يضاف الماء أو المحلول المغذى حتى بداية حدوث الصرف، ويتم ضبط دورة التشغيل على التشغيل (on) حتى تلك النقطة التى ينصرف منها المحلول من الأكياس (Hochmuth ٢٠٠١أ).

ويجب اختيار النقاطات التى لا تتعرض للانسداد بسهولة، والتى يمكنها تزويد المحصول المزروع بالكمية الكافية من المحلول المغذى خلال فترة زمنية قصيرة ولتحقيق ذلك يجب ألا يقل قطر فتحات النقاطات عن ١,٢٥ مم، وخاصة بالنسبة لمزارع الصوف الصخرى والأكياس والأغوار، كما يحسن أن تكون النقاطات ظاهرة أعلى بيئة الزراعة، ليمكن فحصها والتعرف على معدل التصرف منها ومشاكل انسدادها إن وجدت (Hochmuth ٢٠٠١أ)

ويستدل من دراسات Drews (١٩٩١) على أن استمرار الرى بالماء العذب — بعد استكمال إضافة المحلول المغذى — كان ضروريًّا لخفض تراكم الأملاح فى الوسائد، وأن إضافة الماء الزائد بنسبة ٢٠٪ كان أفضل من إضافته بنسبة ١٠٪؛ حيث أدى تراكم الأملاح إلى ارتفاع درجة التوصيل الكهربائى فى الوسائد إلى ٣,٥ –٥,٥، مقارنة بـ ٥,٠–١٠,٧ ملليموز/سم فى الحالتين على التوالى، وصاحب ذلك زيادة المحصول الكلى بمقدار ١٢٪ عندما أضيف الماء الزائد (لغسيل الأملاح).

هذا .. ولا يكون توزيع المحلول المغذى متجانسًا فى كل الوسائد. فعندما يكون سمك الوسائد ١٥ سم نجد أن الـ ٢,٥ سم السفلية تكون مشبعة كلية بالماء، ثم تقل درجة التشبع بالماء تدريجيًا كلما اتجهنا إلى أعلى حتى تصل إلى ١٠٪ فقط من المسافات البينية فى الـ ٢,٥ سم العلوية. أما عندما تكون الوسائد بسمك ٧,٥ سم، فإن المحلول المغذى يضاف إليها بما يكفى لملء ٧٧٪ من المسافات البينية، ويترك الباقى مملوءًا بالهواء. ولهذا السبب فإنه يجب — عند استعمال مكعبات صغيرة فى إنتاج الشتلات — أن توضع على سطح مسامى لتحسين التهوية بها.

ومن الضرورى سحب عينات أسبوعية من المحلول المغذى من داخل الوسائد بحقن خاصة لاختيار تركيز العناصر به ومعرفة أى تغير فى الـ pH ويتم تعديل معدل حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى، تبعًا لنتائج التحليل، بحيث تظل درجة التوصيل الكهربائى دائمًا فى حدود ١٫٧–٢٫٠ ملليموز

ويمكن استخدام وسائد الصوف الصخرى لمدة سنة فى إنتاج الخيار، ولمدة سنتين فى إنتاج الطماطم وفى حالة استعمالها لمدة سنتين، فإنه يجب تعقيمها بعد انقضاء السنة الأولى. ومن المفضل رى المحصول خلال الأيام الأخيره بالماء فقط؛ للعمل على خفض مستوى الأملاح بالوسائد للزراعة التالية ويمكن التخلص من الماء الزائد فى الوسائد قبل التعقيم- بمنع الرى خلال الأيام الثلاثة الأخيرة من المحصول السابق كما يساعد وضع الوسائد على جانبها فى سرعة التخلص من الماء الموجود بها ويجرى التعقيم كيميائيًا أو بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة بعد رص الوسائد بعضها فوق بعض وتغطيتها بغطاء مناسب لهذا الغرض. ويفضل قلب الوسائد على الجانب الآخر قبل استعمالها فى الزراعة الثانية (عن Nelson ١٩٨٥)

مزايا مزارع الصوف الصخرى

إن من أهم مزايا مزارع الصوف الصخرى، ما يلى

١– خفة وزن الصوف الصخرى وهو جاف، وسهولة تداوله

٢– من السهل تدفئته من عند قاعدته

٣– يسمح بدقة وتجانس الرى بالمحلول المغذى.

٤– تقل التكاليف الإنشائية عما فى النظم الأخرى (مثل مزارع الأكياس والـ NFT)

٥– تقل المخاطر التى قد تنشأ عند التوقف المؤقت لمضخات المحلول المغذى أو انقطاع التيار الكهربائى

إن الصوف الصخرى – وكذلك البرليت – يوفران درجة عالية من الحركة الشعرية للماء، فى الوقت الذى يحتويان فيه على نسبة عالية من الفراغات الهوائية، كما أن كليهما

خال من المسببات المرضية، إلاّ أنهما لا يوفران أى عناصر غذائية للمحاصيل التى تنمو فيهما. وينحصر دور تلك البيئات فى دعم الجذور، والاحتفاظ بالعناصر المغذية فى محلول حول الجذور.

٧- يمكن إعادة استعمال كلا من وسائد الصوف الصخرى وأكياس البرليت إذا ما عقمت بالبخار أو بالوسائل الأخرى المسموح بها. لكن — بالإضافة إلى التكلفة العالية للتعقيم وإعادة الاستعمال — فإن وسائد الصوف الصخرى وأكياس البرليت التى يعاد استعمالها كثيرًا ما تتباين فى قدرتها على توفير الحركة الشعرية للماء والتهوية، كما أن التداول الإضافى للصوف الصخرى يؤدى إلى انضغاطه. ولذا .. فإن إعادة استعمالهما لا يخلو من المخاطر. وفى كل الحالات يجب ألاّ تكون إعادة الاستعمال لأكثر من موسم واحد.

٨- من المزايا الأخرى لاستعمال الصوف الصخرى والبرليت أن أنظمة الرى فيهما تكون مفتوحة. فلا يدور المحلول المغذى على كل النباتات كما فى حالة تقنية الغشاء المغذى، الأمر الذى تتقدم معه فرصة انتقال أى إصابة مرضية جذرية خارج وسادة الصوف الصخرى الواحدة أو كيس البرليت الواحد. هذا .. فضلاً عن أن تهوية الجذور تكون أفضل كثيرًا فى الصوف الصخرى والبرليت عما فى تقنية الغشاء المغذى (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٤).

مزارع مخاليط البيت موس مع المواد الأخرى

تعتبر مزارع مخاليط البيت Peat Mixtures والمواد الأخرى — كالرمل، والفيرميكيوليت، والبرليت، والبوليسترين، ونشارة الخشب — من النظم المفتوحة Open Systems التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة. وفيها تنمو النباتات فى مخاليط خاصة أساسها البيت موس غالبًا. يكون الرى بطريقة التنقيط مع حقن ماء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية.

مكونات مخاليط الزراعة

تناولنا — بالتفصيل — موضوع البيت موس ومختلف المواد الأخرى التى تدخل فى

تكوين بيئات الزراعة. وتركيب عديد من مخاليط الزراعة الشائعة الاستعمال فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، ونكتفى فى هذا المقام بتقديم عرض موجز لهذه المواد وأهم خصائصها والمخاليط التى تُحضر منها.

١– البيت موس peat moss :

البيت موس هو أحد أنواع البيت، وهو يتكون تحت ظروف المستنقعات الباردة بنمو نباتات تنتمى للـ Bryophyta – بكثافة عالية. ثم تموت وتستقر فى قاع المستنقع؛ وتتراكم فوق بعضها دون أن تتحلل كيميائيًا بسبب برودة المياه ونقص الأكسجين، ولكن تحدث لها تغيرات فيزيائية نتيجة لتجمد النباتات ثم تفككها سنويًّا.

والبيت موس خفيف الوزن (يزن ٦٠–٧٠ كجم/م^3)، تبلغ فيه نسبة الفراغات حوالى ٩٥٪، ويحتفظ بالرطوبة بدرجة عالية (يمكن أن يبلغ محتواه الرطوبى ١٥ مثل وزنه)، وتفاعله حامضى (يمكن أن ينخفض رقمه الأيدروجينى إلى ٣٫٨)، وهو ذو سعة تبادلية كاتيونية عالية تقدر بنحو ١٥٠ مللى مكافئ/١٠٠ جم عند تعديل الـ pH إلى ٧٫٠، كما أنه فقير فى محتواه من مختلف العناصر المغذية للنبات؛ لذا .. يلزم دائمًا تخصيبه بالأسمدة، مع رفع رقمه الأيدروجينى إلى التعادل باستعمال الحجر الجيرى (بودرة البلاط)

٢– الفيرميكيوليت Vermiculite :

يحصل على الفيرميكيوليت من مناطق رسوبية طبيعية وبتسخين الخامة الأصلية إلى نحو ١٠٩٤ م تتحول جزيئات من الماء – تربط بين صفائح المعدن – إلى بخار؛ ليزداد حجم الخامة الأصلية إلى ١٢–١٥ مثل حجمها

والفيرميكيوليت معقم، خفيف الوزن (يزن ٧٥–١٥٠ كجم/م^3)، ويحتفظ بالماء، ومتعادل أو حامضى قليلا. وذو سعة تبادلية عالية (حوالى ٢٠ مللى مكافئ/١٠٠ جم)، ويحتوى على كميات كبيرة نسبيًا من البوتاسيوم والمغنيسيوم تفى بحاجة النبات، وعلى كميات من الكالسيوم تكفى النبات فى بداية نموه.

٣- البرليت Perlite:

البرليت عبارة عن حجر بركانى أساسه السيلكا، يُطحن ثم يسخن إلى ٩٨٢°م؛ حيث يتمدد ليكوّن جزيئات بيضاء ذات خلايا هوائية عديدة مغلقة.

والبرليت يعد بديلاً جيدًا للرمل؛ حيث يوفر تهوية جيدة، ويتميز عن الرمل بخفه وزنه (يزن حوالى ١١٠ كجم/م^3)، وهو معقم وخامل كيميائيًا. يلتصق الماء بسطح جزيئات البرليت، ولكنه لا يدمص داخل التكتلات. وهو ليس له أية سعة تبادلية كاتيونية، ويبلغ رقمه الأيدروجينى ٧,٥ (عن Nelson ١٩٨٥).

إن إعادة استعمال البرليت غير المعقم يشكل خطورة كبيرة؛ فضلاً عن أن تكلفة إعادة استعماله (التداول والتعقيم وإعادة التعبئة) عالية. ويمكن للمستويات العالية من المادة العضوية فى البرليت المستعمل أن تؤثر فى برنامج الرى فى بداية موسم نمو المحصول، ذلك لأن البيئة التى يُعاد استخدامها تحتفظ بكميات أكبر من الماء؛ بسبب محتواها العالى من المادة العضوية فى صورة مخلفات جذور من المحصول السابق، كما أن تلك الجذور قد تأوى مسببات مرضية.

٤- نخاع ساق نبات التيل Kenaf Stem Core:

اقترح Pill وآخرون (١٩٩٥) استعمال نخاع ساق نبات التيل بعد جرشه؛ ليصبح على شكل جزيئات يتراوح قطرها بين ملليمترين و ٤ ملليمترات. يتم أولاً نقع النخاع المجروش فى ماء يحتوى على نيتروجين بتركيز ٥٠٠٠ جزء من المليون على صورة نترات أمونيوم. وقد استخدم هذا الجريش بنجاح — فى بيئات الزراعة — بنسبة ٣٠٪ بالحجم — مع البيت موس بنسبة ٧٠٪ — كبديل للفيرميكيوليت أو البرليت فى هذه البيئات.

٥- صوف الخبث Slagwool:

يتخلف عن أفران إنتاج الحديد والصلب ما يعرف باسم "الجلخ" أو "الخبث slag"، وهى مادة غنية فى الفوسفور الميسر، ويمكن إضافتها إلى التربة الزراعية

لزيادة محتواها من هذا العنصر. ولكن الاستعمال الأفضل لهذه المادة — التي تتراكم بكميات كبيرة — هو إعادة صهرها على حرارة عالية وتشكيلها — من جديد — في صورة ألياف fibers، أو صوف wool يمكن استخدامه كعازل حراري، ويعرف هذا المنتج باسم "صوف الخبث".

يبلغ الحد الأقصى لقطر ألياف صوف الخبث ٨ ميكرونات، وهو يصلح كبديل للصوف الصخري؛ حيث يتشابه معه في كثير من الخصائص، ويتفوق عليه في بعضها؛ فهو يحتفظ بالرطوبة بنسبة حوالي ٩٤٠٪ مقابل ٦٥٠٪ للصوف الصخري، وكلاهما ذو رقم أيدروجيني يزيد قليلاً عن التعادل (حوالي ٧,٥)، بينما ألياف صوف الخبث أكثر اندماجًا وأكثر ثباتًا من ألياف الصوف الصخري. وما يتم تصنيعه من صوف الخبث في مصر — حاليًا — يكون في صورة مفككة يمكن إدخالها ضمن مكونات مخاليط الزراعة، ولكن تصنيعها على صورة مكعبات ووسائد يمكن أن يجعل منها بديلاً طبيعيًا للصوف الصخري (عن أبو الروس وشريف ١٩٩٥).

٦ – نشارة الخشب:

إن المواد العضوية الغنية بالألياف (مثل نشارة الخشب والقش) في بيئات المزارع اللاأرضية تزيد فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين، وتعرف بقدرتها العالية على استهلاك النيتروجين من بيئة الزراعة، مما يؤدي إلى نقص العنصر خلال المراحل الأولى للنمو النباتي. وعندما عوملت تلك البيئات بحامض النيتريك (وهي العملية التي تعرف باسم الـ nitration) بتركيز ١٠٪، ثم رُفع الـ pH إلى المستوى المناسب بالغسيل بالماء، ازداد النيتروجين المثبت في مركبات اللجنين وعديدات التسكر الأبسط إلى نحو ٢٪. ونتيجة لذلك ازداد تيسر النيتروجين للنباتات خلال الأسابيع الخمسة الأولى من الزراعة. ولقد أُنتج أعلى محصول للطماطم في مزارع الصوف الصخري، ثم في مزارع نشارة الخشب التي عوملت بحامض النيتريك، بينما كان أقل محصول في مزارع القش التي تعرضت للتحلل البيولوجي السريع (Kaniszewski وآخرون ٢٠١٠)

هذا .. ويبين جدول (٥–٢) الصفات الفيزيائية والكيميائية لعدد من المكونات التى تدخل فى تحضير بعض مخاليط الزراعة.

جدول (٥–٢): الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد المستخدمة فى بيئات الزراعة فى المزارع اللاأرضية.

المادة	الكثافة الظاهرية	القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة	المسامية	السعة التبادلية الكاتيونية	سرعة التحلل (الكربون : النيتروجين)
تفل قصب السكر baggase	منخفضة	عالية	عالية	متوسطة	عالية
نشارة الخشب	منخفضة	عالية	متوزسطة	عالية	عالية
قشور الأرز	منخفضة	منخفضة	عالية	متوسطة	متوسطة إلى عالية
قشارة الخشب	منخفضة	متوسطة	عالية	متوسطة	متوسطة إلى عالية
الفيرميكيوليت	منخفضة	عالية	متوسطة	عالية	—
البيت موس	منخفضة	عالية	عالية	عالية	متوسطة
القلف	منخفضة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة
الرمل	عالية	منخفضة	متوسطة	منخفضة	—
المنخفضة	٠,٢٥ جم/سم³	٢٠٪	٥٪	١٠ مللى مكافئ/١٠٠ سم³	١ : ٢٠٠
المتوسطة	٠,٢٥–٠,٧٥	٢٠٪–٦٠٪	٥٪–٣٠٪	١٠–١٠٠	من ١ : ٢٠ إلى ١ : ٥٠٠
العالية	> ٠,٧٥	> ٦٠٪	> ٣٠٪	> ١٠٠	> ١ : ٥٠٠

مخاليط الزراعة

إن معظم المخاليط التى تستعمل فى المزارع اللاأرضية يكون أساسها البيت موس، ويمكن أن يستعمل — لهذا الغرض — أىٌّ من المخاليط التى لا تدخل التربة المعدنية ضمن مكوناته. والتى ورد بيانها فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب). كذلك يمكن استعمال المخلوط المبين فى جدول (٥–٣) فى معظم هذه النوعيات من المزارع (عن Collins & Jensen ١٩٨٣).

جدول (٥-٣). مخلوط من البيت موس والعناصر الغذائية للاستخدام فى مزارع مخاليط البيت.

المادة	الكمية بالكجم لكل متر مكعب من البيت موس	تركيز العنصر فى المخلوط بالجزء فى المليون
حجر جيرى (بودرة بلاط)	٤,٢	—
حجر جيرى دولوميتى	٣,٠	٣٢٦ . Mg
سوبر فوسفات الكالسيوم	٤,٧٥	٣٧٠ : P
نترات الأمونيوم	٠,٤٥	١٥٠ : N
كبريتات البوتاسيوم	١,٥	٥٩٠ : K
فرتر العناصر الصغرى Frit WM 255	٠,٤	—

ويذكر Bres & Weston (١٩٩٣) أن إضافة الجل polyacrylamide gels، مثل الهيدروسورس HydroSource، والأجرى جل Agri-gel بمعدل ٣ كيلو جرامات لكل متر مكعب من خلطة زراعة قوامها البيت والبرليت والفيرميكيوليت بنسبة ١ : ١ . ١ -- على التوالى -- عمل على زيادة احتفاظ بيئة الزراعة بالرطوبة وبالنيتروجين، الذى فقد من البيئة فى غياب الجل -- بنسبة ٩٠٪-٩٥٪ للنيتروجين النتراتى، و ٣٣٪-٥٥٪ للنيتروجين الأمونيومى وقد ترتب على إضافة الجل إلى بيئة الزراعة زيادة المحتوى الآزوتى لأوراق الطماطم

وقد أدت إضافة الفرموكمبوست إلى بعض بيئات الزراعة (بيئة ألياف جوز الهند، وبيئة ألياف جوز الهند مع قلف أشجار الصنوبر المكمور) إلى زيادة محصول نباتات الطماطم المزروعة فيها جوهريًّا، مع خفض فى شدة إصابة ثمارها بتعفن الطرف الزهرى (Surrage وآخرون ٢٠١٠)

وقد أدى خلط الطين المعقم مع نشارة الخشب بنسب تراوحت بين الصفر (الكنترول)، و ٨ ١٢ جم من الطين لكل لتر من نشارة الخشب فى بيئة المزارع

اللاأرضية للخيار إلى زيادة محصول الثمار الصالحة للتسويق، وتناسبت الزيادة طرديًا مع الزيادة فى كمية الطين المضافة (Ehret وآخرون ١٩٩٨).

وتُمتص معظم العناصر المغذية عندما يتراوح pH بيئة الزراعة بين ٥,٥، و ٦,٥.

يؤدى ارتفاع الـ pH عن ٧,٥ إلى خفض تيسر العناصر الصغرى والفوسفور، وبالمقارنة .. فإن البيئة الشديدة الحامضية يمكن أن تؤدى إلى التسمم ببعض العناصر الدقيقة، وخاصة عندما يدخل فى تركيب بيئة الزراعة تربة تحتوى على منجنيز وألومنيوم.

يمكن لـ pH بيئة الزراعة أن يتغير مع الوقت تبعًا لامتصاص عناصر كبرى معينة. فمثلاً يؤدى امتصاص النترات NO_3^{-1} إلى زيادة رقم الـ pH؛ ذلك لأن النبات يُحاول المحافظة على توازن الشحنة الكهربائية عبر الأغشية، بإطلاقه لأيون أيدروكسيل (OH^-).

ولامتصاص البوتاسيوم (K^+) تأثير عكسى، حيث إن النبات يطلق أيون الأيدروجين للمحافظة على توازن الشحنة؛ مما يؤدى إلى انخفاض الـ pH. ويحدث التغير السريع فى pH وسط الزراعة فى كل من المزارع المائية ومزارع الصوف الصخرى، مقارنة بمزارع بيئات الزراعة الصلبة؛ بسبب عدم وجود قدرة تنظيمية فى المزارع الأولى؛ ولذا .. يتعين تغيير المحاليل المغذية فيها على فترات، أو أن تضاف إليها الأحماض أو القواعد لإعادة الـ pH إلى المستوى المرغوب فيه (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

نظام الزراعة

ترتب أكياس الزراعة فى خطوط مزدوجة على أرضية الصوبة التى تكون مائلة قليلاً جدًا نحو قناة لتجميع الماء المنصرف بين خطى الزراعة. وبعد وضع الأكياس يجب بل البرليت جيدًا بالماء فقط أولاً، ثم بعد الانتهاء من ذلك يتم عمل شقوق الصرف بالأكياس.

يتم عمل شقوق الصرف بالقرب من قاعدة الأكياس لمنع تراكم الماء الزائد حول الجذور. ولا يحتاج الأمر لتوفر مخزون كبير من الماء فى الأكياس؛ ولذا .. فإن تلك الشقوق يجب

أن تكون منخفضة بدرجة تسمح بحدوث صرف كامل تقريبًا. هذا مع العلم بأن وجود مخزون كبير من الماء فى الأكياس يعنى نقص الحيز الهوى المتاح للجذور، وهو الحيز الذى يلزم لنمو النباتات جيدًا.

إن الشتلات التى تُستخدم فى مزارع البرليت يمكن إنتاجها فى عدة أنواع من البيئات، منها: الصوف الصخرى، والبرليت، والفيرميكيوليت. ويجب اتخاذ الاحتياطات لأجل تغطية كل صلية جذور الشتلة فى بيئة نمو الجذور عند شتلها، حتى لا تشكل الصلية وسيلة لتبخر الرطوبة منها. ولنفس هذا السبب يجب عدم وضع مكعبات الصوف الصخرى التى تنمو فيها جذور الشتلات على سطح بيئة البرليت. ويلى ذلك وضع نقاطات الرى بالتنقيط قريبًا من الشتلة بحيث يتم بل البرليت القريب منها جيدًا، ويمكن بعد ذلك بأسابيع قليلة إبعاد النقاطات لمسافة حوالى ٨-١٠ سم عن الشتلة (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٣).

يمكن زراعة الخيار بالشتل فى أكياس الزراعة، ولكن يمكن أن تزرع بذوره مباشرة - كذلك - فى أكياس البرليت، خاصة وأن إنبات بذور الخيار مرتفع بدرجة تسمح بعدم وجود أى غياب تقريبًا. هذا بالإضافة إلى أن الزراعة المباشرة بالبذور توفر التكاليف الكبيرة لإنتاج الشتلات، وما تواجهه عملية إنتاج شتلات جيدة النوعية من تحديات. وقد يكون من المفيد زراعة بذور لإنتاج شتلات بنسبة ٥٪ من عدد النباتات الكلى المتوقع، وذلك فى نفس موعد زراعة البذور فى الأكياس، بما يسمح بملئ أماكن النباتات التى لم تنبت بذورها التى زرعت فى الأكياس.

ولقد أدت زراعة النبات المحب للملوحة seepweed (وهو: *Suaeda salsa*) مع الطماطم فى نفس أكياس الزراعة فى الزراعات اللاأرضية، مع الرى بماء يحتوى على كلوريد صوديوم بتركيز صفر-٤ جم/لتر إلى خفض تركيز كلوريد الصوديوم فى أكياس الزراعة فى نهاية فترة الزراعة بنسبة ٥٠٪، مقارنة بالتركيز فى أكياس معاملة الكنترول. كذلك انخفض تركيز الصوديوم فى النموات الخضرية للطماطم، إلا أن *S. salsa* لم يمنع

تثبيط نمو نباتات الطماطم بفعل كلوريد الصوديوم. وعلى الرغم من أن زراعة *S. salsa* مع الطماطم قللت إصابة ثمار الطماطم بتعفن الطرف الزهرى، إلاّ أنها لم تؤثر جوهريًا فى وزن الثمرة، أو أعداد الثمار، أو المحصول (Albaho & Green ٢٠٠٠).

مزارع الأغوار

تعد مزارع الأغوار trough culture بديلاً للزراعة المباشرة فى التربة، حيث تنمو النباتات فى قنوات أو مجارٍ أو أغوار فوق سطح التربة. تُملأ تلك المجارى بنفس مخاليط الزراعة التى تستعمل فى مزارع الأكياس. تُصنع المجارى — عادة — من الخشب، ولكنها قد تصنع من أى مادة أخرى، وتكون — عادة — بعرض ٦٠–٧٥ سم وبعمق ١٥–٢٠ سم. وقد تبطن تلك القنوات بشريحة بلاستيكية لتسهيل تجميع المحلول المغذى الزائد. ويمكن تسهيل الصرف بجعلها مائلة قليلاً جانبيًا أو طوليًا أو جعل قاعها على شكل حرف V. وقد توضع أنبوبة مثقبة وسط القناة لتجميع محلول الصرف ونقله إلى مكان التجميع المركزى، علمًا بأن هذا النظام مفتوح ولا يُعاد فيه استعمال المحلول المغذى.

تُملأ الأغوار بمخلوط الزراعة، ثم يرطب المخلوط؛ الأمر الذى يؤدى إلى هبوطه؛ مما يتطلب إضافة المزيد منه. ويلزم — كذلك — إضافة المزيد من مخلوط الزراعة بين الزراعات لتعويض الفاقد منه بالأكسدة ومن الحيز الذى يقل منه بالهبوط.

يمكن إقامة مزارع الأغوار على أرضية الصوبة سواء أكانت أرض طبيعية، أم خرسانة. وعندما تكون الأغوار على مسافة ١٥٠ سم من بعضها البعض (من المركز للمركز)، فإنها تتسع لنفس عدد النباتات التى تزرع فى النظم الأخرى. هذا ويمكن أن تستخدم الأغوار المقامة لمدة ١٥–٢٠ سنة.

تكون الزراعة فى الأغوار فى خطوط مزدوجة إما مباشرة، وإما بالشتل، ويكون الرى فيها بنظام التنقيط. ويمكن — قبل الزراعة وأثناء تجهيز بيئة نمو الجذور — تزويد الخلطة ببعض الأسمدة. ويجب الحرص على ألا يزيد EC مستخلص بيئة الزراعة عن ٣,٠؛ الأمر الذى يمكن أن يحدث نتيجة امتصاص النباتات للماء بدرجة أكبر من امتصاصها للعناصر

والأملاح، أو نتيجة لتبخر الماء من سطح التربة. وتعالج تلك الحالة بالرى بالماء فقط لغسيل الأملاح الزائدة

ويمكن استعمال بيئة الزراعة فى الأغوار لعدة سنوات طالما أنه يتم بتعقيمها بين الزراعات بالبخار أو بالتبخير. كذلك فإن شبكتى الرى والصرف يلزم تنظيفهما وتطهيرهما بين الزراعات (Sweat & Hochmuth ٢٠٠١).

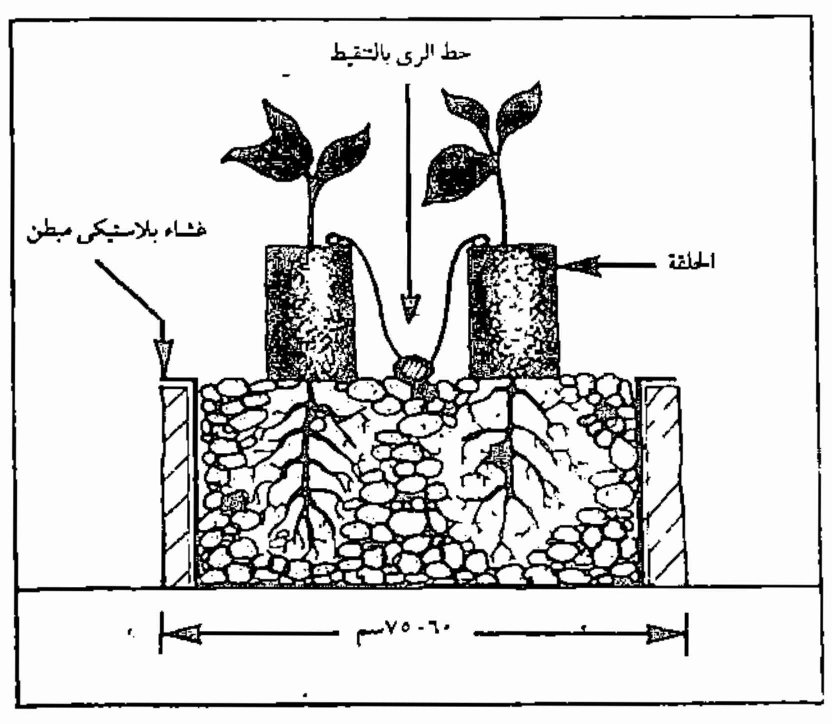
هذا ولا تختلف مزارع الأغوار عن الزراعات المحمية العادية سوى فى إمكانية التحكم الكامل فى بيئة الجذور وتجنب عديد من الإصابات المرضية التى تعيش مسبباتها فى التربة.

مزارع الحلقات

لا تختلف مزارع الحلقات عن مزارع الأغوار سوى فى وجود أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق غير المنفذ للرطوبة تكون بقطر ٢٠–٢٥ سم، وتوضع على سطح مخلوط الزراعة فى الأغوار، وتملأ بالمخلوط نفسه. وتزرع النباتات فى هذه الحلقات التى تتشجع على زيادة النمو الجذرى، وترتفع درجة حرارتها بسرعة أكبر أثناء النهار خلال فصل الشتاء وبداية الربيع وتروى النباتات عند هذه الحلقات بطريقة التنقيط (شكل ٥–٥)

وتنتج بعض الشركات شرائح من البيت موس المضغوط المضاف إليه الحجر الجيرى لتعديل الرقم الأيدروجينى للبيت إلى المجال المناسب. تبلغ أبعاد هذه الشرائح عادة ٥٠ × ٦٠ سم، ولكن يمكن قطعها لتأخذ "البلوكات" الناتجة أبعادًا مختلفة؛ ٢٥ × ٦٠ سم، و ٣٠ × ٥٠ سم، و ٣٠–٢٥ سم، و ١٠ × ١٠ سم ... إلخ. أما ارتفاعها فيتراوح – بعد رى البيت – بين ٦ سم و ٧ سم. توضع هذه الشرائح فى المكان المخصص لها من الاغوار، على أن تكون المسافة بين كل شريحة وأخرى وبين الشريحة وجوانب الغور سنتيمترا واحدا. وهى المسافة التى يتمددها البيت موس بعد ابتلاله. وبعد رى شريحة البيت تورع الشتلات – وهى نامية فى أصص بدون قاع – على المسافات المناسبة من

الشريحة. حيث تستمر جذور النبات فى النمو فى شريحة البيت موس بعد ذلك. ويكون رى النباتات فى هذه المزارع — التى تعد نوعًا من مزارع الحلقات — بطريقة التنقيط.



شكل (٥-٥): مقطع عرضى فى مزارع حلقات **Ring culture**.

مزارع الأكياس

تنمو الخضر فى مزارع الأكياس bag culture فى مخلوط زراعة خلو من التربة، يوجد داخل كيس من البوليثيلين. يكون — عادة — بسمك ١٠٠ ميكرون، وبأبعاد ٣٥ × ٧٠ إلى ١٠٠ سم ويمكن لحام الكيس على مخلوط الزراعة، وقد يكون الكيس مفتوحا توضع الأكياس المغلقة على جانبها العريض على سطح تربة الصوبة، ويسمح بنمو النباتات فيها من خلال ثقوب يتم عملها بها. ويسمى هذا النظام للزراعة فى الأكياس باسم lay flat bags. أما الأكياس التى تترك مفتوحة من أعلى

فإنها تسمى upright bags، وفيها يُسمح بنمو نبات واحد بكل كيس. وفي كلا النظامين يخصص لكل نبات حيزًا من مخلوط الزراعة يقدر بنحو ١٠–١٥ لترًا.

يمكن أن تتكون مخاليط الزراعة في مزارع الأكياس من أي من البيت والفيرميكيوليت ونشارة الخشب والصوف الصخري وقشور الأرز وقلف الصنوبر وقشر الفول السوداني إلخ. تملأ الأكياس — سواء أكانت أفقية أم رأسية — بالمخلوط المناسب، وتوضع في صفوف مزدوجة على أرض الصوبة. تُنتج الشتلات في مخلوط خاص مثل البيت والفيرميكيوليت أو الصوف الصخري، وتشتل في الأكياس بمعدل نبات واحد في كل كيس في نظام الأكياس المفتوحة من أعلى. أما الأكياس الأفقية فيتسع كل منها عادة لنحو ٢–٣ نباتات حسب حجمها. ويحتوى مخلوط الزراعة — عادة — على بعض الأسمدة لأجل النمو الابتدائي.

تروى الأكياس وتسمد من خلال نظام ري بالتنقيط، حيث يصل كل كيس نقاط وفرع من شبكة الري (الاسباجتي) ويلزم عمل شقوق في قاع الأكياس لصرف الماء الزائد، وهو الذي يتعين تجميعه.

ومن أهم مزايا مزارع الأكياس سهولة إقامتها، وعدم الحاجة إلى تعقيم مخاليط الزراعة، وتقليل مخاطر العدوى بمسببات الأمراض التي تعيش في بيئة الجذور كالبثيم (Hochmuth & S... ut ٢٠٠١).

تُصنع الأكياس من البوليثيلين المقاوم للأشعة فوق البنفسجية، ويكون السطح الداخلي للبوليثيلين أسود اللون، أما سطحه الخارجي فإنه يجب أن يكون أبيض اللون في المناطق التي ترتفع فيها شدة الإضاءة، لكي تعكس الضوء ولا ترتفع حرارة مخلوط الزراعة. وعلى العكس من ذلك، فإن السطح الخارجي للأكياس يجب أن يكون أسود اللون في المناطق الباردة التي تنخفض فيها شدة الإضاءة.

تستعمل الأكياس لموسمي زراعة على الأقل، وهي أسهل كثيرًا وأقل تكلفة في تعقيمها بالبخار عن التربة.

توضع الأكياس على سطح التربة حسب المسافات العادية للمحصول الذى يُرغب فى زراعته. ويكون من المفيد تغطية أرض الصوبة أولاً بغشاء من البوليثيلين الأبيض، فذلك يزيد من الأشعة الضوئية التى تنعكس من الغشاء نحو النموات النباتية، كما يقلل من الرطوبة النسبية ومن بعض الإصابات المرضية الفطرية (Carpenter ١٩٨٢، و Collins & Jensen ١٩٨٣، و Snyder & Bauerle ١٩٨٥، و Marr ١٩٩٤).

تحتاج نباتات الطماطم المكتملة النمو لنحو ١-١,٥ لتر من الماء (المحلول المغذى) يوميًا فى الشتاء، ولنحو ١,٥-٢,٥ لتر فى أيام الربيع الدافئة. وتتضمن تلك الكميات احتياجات الصرف - لغرض صرف الملح المتراكم - كذلك.

والأساس فى تحديد معدل الرى هو تحقيق التوازن بين كمية الماء التى يحتاجها المحصول مع الكمية الكلية التى تلزم للمحصول والصرف. والقاعدة الآمنة فى هذا الشأن هى الرى بالقدر الذى يكفى لصرف نحو ١٠٪-١٥٪ من المحلول المغذى فى كل رية للطماطم، ونحو ٢٠٪ للخيار. وهذا الصرف ضرورى لتقليل تراكم الأملاح فى بيئة الزراعة، وللتأكد من كمال ابتلال جميع الأكياس عند كل رية.

يمكن للطماطم أن تتحمل تركيزات عالية نسبيًا من الأملاح فى بيئة الزراعة، بدرجة أكبر من قدرة الخيار. ومع امتصاص النباتات للماء تتبقى بعض الأملاح فى بيئة الزراعة، وتتكون تلك الأملاح - غالبًا - من الكربونات والكبريتات، مثل كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم. وإذا ما كانت درجة التوصيل الكهربائى (EC) للمحلول المغذى ١,٠ ديسى سيمنز/م، فإن النباتات يمكنها تحمل ارتفاع الـ EC فى البيئة إلى ١,٥. وإذا ما كانت درجة التوصيل الكهربائى ٢,٠ - كما يكون عليه الحال مع النباتات المكتملة النمو - فإن النباتات يمكنها تحمل ارتفاع الـ EC إلى ٢,٥-٢,٨. وتتعين مراقبة اتجاهات ارتفاع الـ EC، واتخاذ الإجراءات التصحيحية إذا ما استمر فى الارتفاع، وذلك بزيادة معدل الرى فى كل رية، أو بتقصير المدة بين الريات. ويكون من المفضل دائمًا الاحتفاظ بـ EC فى بيئة الزراعة أعلى قليلاً عما فى المحلول المغذى المستعمل.

وتجدر الإشارة إلى أن النباتات يقل استهلاكها من مياه الرى – كما يقل نموها – فى الجو البارد الغائم، ولذا فإنها تحتاج إلى كميات أقل من المحلول المغذى فى تلك الظروف (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٣).

ويكون من المفضل وضع عدد من الأوعية فى أماكن متفرقة من البيت المحمى يصل إلى كل منها نقاط إضافى من شبكة الرى. يتم طلاء تلك الأوعية باللون الأسود لتقليل النموات الطحلبية فيها، ثم يُمسح خط رأسى من الطلاء من القمة للقاعدة؛ بما يسمح برؤية مستوى المحلول فيها. ويدرج هذا الخط بإضافة كميات متتالية معلومة من الماء وتعليم الخط الرأسى الممسوح من الطلاء عند كل إضافة من الماء. تسمح تلك الأوعية بالتعرف على كميات محلول الرى التى استعملت يوميًا. كما أن وجود عدة أوعية منها يسمح بإعطاء فكرة عن مدى تجانس تصرف النقاطات، علما بأن المشاكل تبدأ عند زيادة عدم التجانس بين النقاطات عن ١٥٪. ويمكن بالإمساك بأحد أركان كيس البرليت مع رفعه وخفضه مرتين الإحساس بمدى خفة وزنه أو ثقله. ومع اختبار ستة أكياس عشوائية من كل صوبة يوميًا يمكن التعرف على الأكياس التى لا تصلها كميت كافية من ماء الرى، وهى التى تكون أخف وزنًا من غيرها.

ويجب التأكد من أن نقاطات الأوعية تتماثل تمامًا مع نقاطات الأكياس، وإلا فإننا قد نحصل على معدلات تصريف مختلفة. كذلك يجب أن تكون فتحات النقاطات فى الأوعية أعلى من مستوى خط الرى فى الأكياس حتى لا يتسيفن (siphoning) المحلول من الأوعية أو إليها (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٣).

قد تظهر بعض المشاكل – مثل الذبول، وأعراض نقص الحديد، وضعف النمو – عندما تنخفض حرارة بيئة نمو الجذور عن ١٨ °م؛ الأمر الذى يمكن أن يحدث عند وجود فترات طويلة من الجو الغائم البارد. وعندما تكون بيئة نمو الجذور باردة يقل امتصاص الماء والعناصر، ويمكن للنباتات أن تذبل فى الحال فى الجو الصحو الذى يأتى بعد جو بارد غائم. ويمكن تجنب تلك المشاكل – عند توقعها فى منطقة الزراعة –

بتركيب مدفئات للأرضيات. كذلك فإن رفع أكياس الزراعة عن الأرض بمقدار ٢-٨ سم يسمح بعزلها عن الأرض الباردة.

يمكن استنفاذ الأكسجين الموجود فى الأكياس بمزارع البرليت بسرعة كبيرة، ذلك لأن الأكياس تكون مغلقة باستثناء فتحة صغيرة سطحية. وتزداد سرعة استنفاذ الأكسجين بزيادة سرعة النمو، وبارتفاع درجة الحرارة. وفى محاولة لدراسة تأثير مستوى الأكسجين فى المحلول المغذى لمزارع البرليت على محصول البطيخ وجودة ثماره، قورن المحتوى العالى للأكسجين (١٣,٥ مجم/لتر عند النقاطات، و ٤,٥ مجم/لتر فى المحلول المغذى المتواجد بالأكياس فى نهاية الدورة) بالمستوى العادى (٥,٩ مجم/لتر عند النقاطات، و ٣,٧ مجم/لتر فى المحلول المغذى المتواجد بالأكياس فى نهاية الدورة) .. تبين عدم وجود أى تأثير معنوى لمستوى الأكسجين فى المحلول المغذى على المحصول الكلى أو الصالح للتسويق، وعلى صفات جودة الثمار (Bonachela وآخرون ٢٠٠٥).

يجب تجميع المحلول المغذى من مزارع البرليت فى تانك كبير خارج الصوبة. وإذا كانت إدارة عملية الرى جيدة فإن هذا المحلول لا يكون غنيًّا فى محتواه من العناصر المغذية، ولكنه يحتوى على تركيزات منخفضة نسبيًّا منها؛ مما يجعله صالحاً للاستعمال فى رى المساحات الخضراء والحدائق ومحاصيل الخضر والمشاتل ... إلخ، كما يكون - أيضًا - مصدرًا لتلوث المياه الجوفية إذا ما ترك لينصرف طبيعيًّا.

يجب فى نهاية موسم الزراعة تجفيف بيئة الزراعة بالسماح للنباتات بسحب ما فيها من ماء مع وقف الرى. ويحتاج الأمر - عادة - لنحو ٤-٦ أيام حتى تبدأ النباتات فى الذبول. وتتم إزالة النباتات قبل أن تصبح سهلة الكسر حتى لا تزيد صعوبة عملية التنظيف. كذلك فإن تجفيف الأكياس يجعل تداولها أيسر.

يجب التخلص من البرليت المستعمل بصورة مناسبة، كأن يوزع على أحد الحقول ويخلط بالتربة، كما يمكن استعماله فى عمل مخلوط تربة لإنتاج شتلات النباتات الخشبية.

كذلك يجب تنظيف خطوط الرى والنقاطات بالحامض لإزالة ما قد يوجد بها من ترسبات جيرية وترسبات الأسمدة، ويكفى لذلك – عادة – محلول ١٪ لحامض النيتريك يجب إجراء تلك الخطوة بعد انتهاء موسم الزراعة لأن المحاليل الحامضية قد تضر بالنباتات ويتعين غسيل الشبكة بالماء بعد الغسيل بالحامض (Hochmuth & Hochmuth ٢٠٠٣).

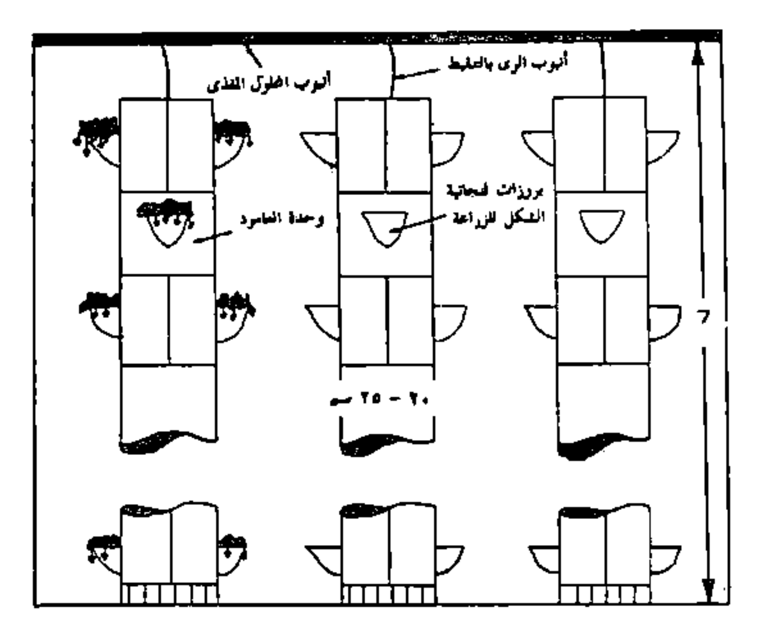
مزارع الأعمدة

تنمو النباتات فى هذا النوع من المزارع (Column Culture) فى أعمدة رأسية. وقد تطورت هذه الطريقة للزراعة فى أوروبا، خاصة فى إيطاليا، وإسبانيا

تستخدم لذلك أنابيب من الأسبستوس تثبت بعضها فوق بعض، وبكل منها عدد من البراويز على شكل فنجانى تزرع فيها النباتات، وتوزع هذه البراويز حلزونيًا على امتداد الأنبوبة، تملأ الأنابيب بخلطة أساسها البيت موس، وتسقى بمحلول مغذٍ بطريقة التنقيط من أعلى الأنبوبة. وتسمح هذه الطريقة للزراعة بصرف المحلول المغذى الزائد من قاع العمود (شكل ٥–٦، ٥–٧؛ يوجد فى آخر الكتاب). ويصلح هذا النظام خاصة لزراعة الفراولة.

مزارع الأجولة المدلاة

تعتبر مزارع الأجولة المدلاة Sac Culture طريقة محورة عن مزارع الأعمدة، وتتميز بأنها أكثر بساطة، وفيها تستخدم أجولة Sacs، بدلاً من الأنابيب. تصنع الأجولة من البوليثيلين (باللون المناسب لدرجة الحرارة السائدة)، وبسمك ١٥٠ ميكرونًا، ويكون قطرها ١٥ سم وطولها مترين، وتملأ بمخلوط البيت مع الفيرميكيوليت، ويربط طرفها السفلى لمنع سقوط بيئة الزراعة، وتثبت من طرفها العلوى فى هيكل البيت، وتترك للتدلى لأسفل. وتزرع النباتات من خلال ثقوب قطرها ٢,٥–٥ سم على محيط هذه الأجولة



شكل (٥–٦): مزرعة أعمدة **Column Culture**.

يجرى الرى بطريقة التنقيط. وتستغرق دورة الرى ٢–٥ دقائق، ويتم فيها تنقيط نحو ١-٢ لتر من المحلول المغذى فى كل جوال. ولا يعاد استخدام المحلول الزائد، بل يصرف من ثقوب خاصة لهذا الغرض هذا .. ويتم غسل الأجولة جيدًا بالماء مرة كل شهر؛ للتخلص من الأملاح المتراكمة. ويفيد هذا النظام خاصة مع الخس والفراولة، وهى محاصيل لا ترتفع كثيرًا فى نموها عن سطح الأرض؛ وبذلك لا يستفاد جيدًا من الجو المتحكم فيه داخل البيوت، لكن الزراعة الرأسية بهذا النظام تسمح بالاستغلال الأمثل لبيئة البيت المحمى.

وقد قامت الشركات الزراعية بتطوير هذا النظام فى الزراعة، واستخدمت لذلك أجولة مدلاة مملوءة بالبرليت، ومربوطة بأحزمة من منتصفها؛ لمنع تكدس البرليت فى جزئها السفلى.

ويعمل هذا النوع من المزارع على خفض استهلاك الماء بنسبة قد تصل إلى ٨٠٪، مع

تسهيل عملية الحصاد، والمحافظة على نظافة الثمار ويفيد خاصة مع الفراولة التى تعتبر شديدة الحساسية للتلوث بالتربة وقد قُدِّر فى المملكة العربية السعودية أنه يمكن إنتاج محصولين من الفراولة فى السنة بإنتاجية تصل إلى ٧ كجم لكل متر مربع، أو ما يعدل تقريب ٧٠ طنًا من الثمار للهكتار. بالمقارنة بنحو ١٣-١٤ طنًا للهكتار فى الزراعات المكشوفة فى المناطق الباردة (Arab World Agribusiness العدد الرابع ١٩٨٥)

الفصل السادس

المزارع المائية وعمليات خدمة المحاليل المغذية لمختلف أنوع المزارع اللاأرضيـة

مقدمة

نناقش فى هذا الفصل – إلى جانب عمليات خدمة المحاليل المغذية لمختلف أنواع المزارع اللاأرضية – أنواع المزارع اللاأرضية التى تنمو فيها الجذور فى المحاليل المغذية مباشرة، ولا تستعمل فيها بيئات صلبة لدعم النبات وتثبيت جذوره. وتلك هى المزارع المائية Hydroponics الحقيقية من بين جميع أنواع المزارع اللاأرضية. وهى تعتبر من النظم المغلقة التى يستخدم فيها المحلول المغذى لمدة طويلة قبل التخلص منه وتحضير غيره من جديد. وفيها تسقى النباتات بالمحلول المغذى مباشرة، فلا حاجة إلى حقن محاليل سمادية مركزة فى ماء الرى، ولكن تكون هناك حاجة إلى خزانات كبيرة تتسع لضعف كمية المحلول المغذى التى تحتاج إليها جميع نباتات المزرعة يوميًا لتحقيق نوع من الأمان بالنسبة لتغذية النباتات، وتثبت النباتات فى مكانها فى هذه النوعية من المزارع بجعل منطقة التاج (قاعدة الساق) تستند إلى طبقة رقية من وسط صلب، يكون غالبًا هو غطاء المجرى أو المكان الذى تنمو فيه الجذور.

تشتق كلمة Hydroponics – كما أوضحنا فى الفصل السابق – من كلمتين يونانيتين، هما: Hydro بمعنى الماء، و ponos بمعنى عمل؛ فيكون المعنى الحرفى للكلمة هو "عمل الماء".

وتعتبر المزارع المائية – تاريخيًا – أسبق إلى الظهور من نوعيات المزارع اللاأرضية الأخرى التى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس، إلا أنه يتم – دائمًا – تحسينها وتطوير نوعيات جديدة منها، مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى والمزارع الهوائية وغيرهما (يمكن الرجوع إلى تاريخ تطور المزارع المائية فى Cooper ١٩٨٢).

ولا تعد المزارع المائية أمرًا مستحدثًا، فمن أوائل الدراسات التى أجريت عليها تلك التى قام بها Woodward فى إنجلترا فى عام ١٦٩٩. ولقد طوِّرت طريقة لزراعة النباتات بدون تربة قبل منتصف القرن التاسع عشر بواسطة Sach & Knop اللذان كانا من الرواد فى هذا المجال.

وقد استخدم المصطلح hydroponics لأول مرة بواسطة W. F. Gericks فى ثلاثينيات القرن العشرين لوصف طريقة لإنتاج النباتات تكون جذورها مغمورة فى محلول مهوى ومخفف من العناصر المغذية. وحاليًا .. تستخدم الـ hydroponics فى إنتاج الخضر فى الصوبات فى شتى بقاع العالم (Marr ١٩٩٤).

إن جميع نُظم المزارع المائية التى لا توجد بها بيئة صلبة لنمو الجذور liquid hydroponic systems (تسمى كذلك non-aggregate systems) هى بطبيعتها نظم مغلقة closed systems. وتكون فيها الجذور معرضة للمحلول المغذى دون وجود لأى نوع من بيئات الزراعة، ويستمر فيها دوران وإعادة استعمال المحلول المغذى.

وقد سبق التقديم للمزارع المائية، ومزاياها وعيوبها — بصورة عامة — ضمن المزارع اللاأرضية فى بداية الفصل الخامس الخاص بمزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية؛ وذلك على أساس أن جميع أنواع المزارع المائية هى — فى واقع الأمر — مزارع لا أرضية كذلك.

وفى هذا الفصل نلقى مزيدًا من الضوء على كل ما يتعلق بالمزارع المائية وأهم أنواعها الشائعة الاستعمال.

شروط نجاح المزارع المائية

يلزم لنجاح المزارع المائية تحقيق الشروط التالية:

١- توفير الأكسجين الكافى لنمو الجذور، نظرًا لأنها تستنفذ ما يوجد بالمحلول المغذى من أكسجين خلال فترة قصيرة، فى حين يستمر استعماله لمدة طويلة وتختلف

طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمة لتنفس الجذور حسب نوع المزرعة. وسنناقش الطريقة المناسبة لكل نوع من المزارع فى حينها.

٢- حجب الضوء عن الجذور:

يمكن للنباتات أن تنمو بصورة طبيعية، بغض النظر عما إن كانت جذورها معرضة للضوء، أم أنها تنمو فى الظلام، لكن المهم هو أن تبقى جذورها دائمًا مغمورة فى الماء، أو أن يكون الجو المحيط بها مشبعًا تمامًا بالرطوبة. وترجع أهمية حجب الضوء إلى أن الظلام يمنع نمو الطحالب، بينما يساعدها الضوء على النمو. ويؤدى نموها إلى منافسة النباتات على العناصر الغذائية وإلى رفع pH المحلول المغذى، كما أنها تنافس النباتات على الأكسجين ليلاً. ويؤدى تحللها إلى إنتاج مواد سامة قد تتعارض مع النمو الطبيعى للنباتات.

٣- مداومة خدمة المحاليل المغذية:

تخدم المحاليل المغذية فى هذه المزارع – كما فى جميع النظم المغلقة – بالطرق نفسها التى سبق شرحها تحت مزارع الحصى فى الفصل الخامس، والتى تلقى بعض الضوء عليها تحت مزارع تقنية الغشاء المغذى فى هذا الفصل.

هذا .. ويمكن أن تستعمل المحاليل المغذية فى المزارع المائية المغلقة – مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى ومزارع الحصى – إما لفترة قصيرة، وإما لفترة طويلة نسبيًا. وعند استخدام المحاليل المغذية لفترة قصيرة فإنها تستبدل بغيرها جديدة كل أسبوع واحد إلى أسبوعين. ويفترض هذا النظام أن امتصاص العناصر من المحلول المغذى لا يصل بها إلى مستوى النقص بالنسبة للنبات خلال تلك الفترة، طالما أنه تضاف كميات جديدة من المحلول المغذى كل أيام قليلة. وتلك طريقة عملية استعملت بنجاح، ولكن أكثر ما يعيبها هو كثرة كميات العناصر التى تُفقد جراء تجديد المحلول المغذى، فضلاً عن تسببها فى تلوث المياه الجوفية إن كانت التربة التى يُتخلص فيها من المحاليل المغذية مسامية.

أما الطريقة الثانية فيتم فيها استعمال المحلول المغذى لعدة أسابيع وربما لعدة

شهور. ويمكن لهذه الطريقة أن تكون ناجحة كذلك، ولكنها تتطلب مراقبة مستمرة لمستوى العناصر في المحلول المغذى المستعمل لتجنب أي نقص للعناصر أو زيادتها إلى درجة السمية ونظرا لأن وضع العناصر المغذية في المحاليل التي يستمر استعمالها لفترة طويلة متغير باستمرار بسبب امتصاص النباتات لها، فإنه يلزم تحليل هذه المحاليل بكثرة للمحافظة — قدر المستطاع — على المستويات الأصلية لتركيز مختلف العناصر فيه وكحد أدنى يلزم إجراء تحليل كامل كل ثلاثة أسابيع، مع إجراء تحاليل أخرى أسبوعية لكل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، مع تقدير يومي لمستوى الأملاح الكلي (الـ EC)، وهو الذى يعطى تقديرًا مفيدًا لمستوى العناصر في المحلول المغذى، لكن هذا التقدير لا يصلح بديلاً للتحليل الكامل (Johnson ٢٠٠٧).

إن اللجوء إلى تقدير EC المحاليل المغذية لا يفيد في تقدير محتوى الأملاح الكلي. وفي تقنية الغشاء المغذى يفيد ذلك الاختبار في المحافظة على تركيز عال من مجمل العناصر المغذية، وذلك بالمحافظة على الـ EC عند مستواه الابتدائي، إلاّ أن تركيز المغذيات الفردية سوف يتباين كثيرًا عن المستوى المرغوب فيه. كما لا يتأثر الـ EC — تقريبًا — بكمية العناصر الصغرى المتواجدة ولأجل ذلك .. يتم التخلص من المحلول المغذى أسبوعيًا وتحضير محلول جديد.

كذلك يمكن أن يفيد اختبار الـ EC في تحديد مدى احتمال حدوث أضرار جراء كثرة الأملاح في البيئات الصلبة. وتؤدى زيادة أو خفض تركيز المغذيات على أساس نتائج قياس الـ EC إلى إحداث زيادة أو نقص في كل المغذيات، الأمر الذى قد يتسبب في حدوث تسمم من بعض العناصر، أو نقص في بعضها الآخر، وخاصة فيما يتعلق بالعناصر الدقيقة.

وأفضل الطرق لمراقبة تركيز المحاليل المغذية هي بالتحليل المباشر لمختلف العناصر وتحديد الاحتياجات من كل عنصر على حدة بعد تحديد مستواه في المحلول المستعمل بالجزء في المليون، وما يلزم منه لتوصيل تركيزه إلى المستوى المرغوب فيه

وفى مزارع الصوف الصخرى والبرليت يجب ألاّ يتباين الـ EC فى الوسائد أو الأكياس بأكثر من وحدة EC واحدة أعلى أو أقل من EC المحلول المغذى المستعمل. فإذا كان الـ EC أعلى بأكثر من وحدة، فإن ذلك يعنى أننا نضيف مغذيات أكثر مما ينبغى فى الرى التسميدى، والعكس صحيح إذا كان EC بيئة الزراعة يقل بأكثر من وحدة EC عن EC المحلول السمادى المستعمل.

وإذا ما تبين أن EC الوسائد أو الأكياس أعلى عما ينبغى، فإن الحل الوحيد لذلك يكون بغسلها جيدًا بكميات كبيرة من الماء أو بمحلول سمادى مخفف (Hochmuth ٢٠٠١ب).

ويكون من الأفضل إجراء تحليل كيميائى كل ٢-٣ أسابيع للعناصر الكبرى (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم)، وكل ٤-٦ أسابيع للعناصر الدقيقة (البورون والنحاس والحديد والمنجنيز والموليبدنم والزنك). ومن الضرورى إضافة تركيزات من الأسمدة إلى المحلول المغذى مساوية لتلك التى حصل عليها المحصول المزروع، وإلا فإن بعض العناصر تتراكم ويزداد تركيزها، بينما يستهلك بعضها الآخر. وقد يلزم عمل إضافات من الأسمدة أسبوعيًا أو حتى يوميًا.

ويتبع – عادة – فى المزارع الصغيرة الأسلوب التالى: تكون البداية بمحلول مغذ جيد، وفى نهاية الأسبوع يضاف له نصف كميات الأسمدة الابتدائية، وفى نهاية الأسبوع التالى يتم التخلص من الكمية المتبقية من المحلول المغذى، ويستعمل محلولاً جديدًا (Marr ١٩٩٤).

أما فى النظم المفتوحة فإن الرى بالمحاليل المغذية يكون كلما دعت الحاجة إلى ذلك، ولذا لا تكون هناك حاجة إلى مراقبة المحاليل المغذية أو تحليلها، كما أن نوعية المياه المستعملة تقل أهميتها طالما كان محتواها من الأملاح الذائبة فى الحدود التى يتحملها المحصول المزروع. هذا .. إلا إنه فى ظروف المناخ الحار وزيادة شدة الإضاءة يزداد النتح إلى درجة قد تؤدى إلى زيادة تركيز الأملاح فى بيئة نمو الجذور، لذا ..

يتعين فى حالات كهذه الرى بكميت زائدة من المحلول المغذى لكى يتم صرف جزء من الأملاح المتراكمة كما يجب تجميع ماء الصرف وتحليله على فترات وإذا ما وصل فيه تركيز الأملاح إلى ٣٠٠٠ جزء فى المليون يكون من الضرورى الرى بكميات زائدة من الماء فقط لحين غسيل كل الأملاح المتراكمة فى بيئة نمو الجذور، قبل الرى بالمحلول المغذى من جديد (Marr ١٩٩٤)

مميزات المزارع المائية

إلى جانب المميزات التى تشترك فيها المزارع المائية مع باقى أنواع المزارع اللاأرضية – والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس – فإن المزارع المائية تنفرد بميزات إضافية تتحقق – أساسًا – من خلال التحكم التام فى بيئة الجذور كما يلى

١– التحكم فى محتوى المحلول المغذى من العناصر المغذية؛ حيث يمكن تحضير المحلول المثالى الذى يناسب المحصول المزروع ومرحلة نموه النباتى، مع مراقبته وتعديل تركيبه فى أثناء الاستعمال كلما لزم الأمر.

وقد وجد أن استعمال محاليل مغذية تتباين فى درجة توصيلها الكهربائى (تركيز العناصر بها) بين النهار والليل (٢,٥ مللى سيمينز/سم من ٩صباحًا إلى الخامسة مساءً، و ٥ ٣ مللى سيمنيز/سم من الخامسة مساءً إلى التاسعة صباحًا) كان أفضل لكمية محصول كل من الخس والخيار والطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، مقارنة بالمحصول فى حالة استعمال تركيز ثابت للمحلول المغذى ليلاً ونهارًا (٢,٥، و ٣,٥ مللى سيمنز/سم). وقد أُرجع ذلك إلى خفض الشد المائى للأنسجة (Newton & Sahraoui ١٩٩٧).

٢– يمكن تحقيق عديد من المزايا بالتحكم فى حرارة المحلول المغذى، سواء أكان ذلك برفعها، أم بخفضها، فمثلاً . يمكن التوفير فى تدفئة البيوت المحمية شتاءً فى زراعات الطماطم بخفض حرارة البيت ليلاً إلى ١١–١٦°م مع رفع حرارة المحلول المغذى إلى ٢٣–٢٨°م من الشتل حتى بداية موسم الحصاد وعلى الرغم من أن

إجراء هذه المعاملة تسبب فى تأخير الحصاد، إلا أنها أدت إلى زيادة المحصول الكلى وعائد الزراعة. وقد ساعد الاستمرار فى رفع حرارة المحلول المغذى إلى نهاية موسم الحصاد (مع الحرارة المناسبة للنموات الخضرية) إلى زيادة المحصول بنحو ١٠٪. هذا .. مع العلم بأن تدفئة المحلول المغذى سهلة وميسورة وأقل تكلفة من تدفئة هواء الصوبة، كما أن الحرارة التى تفقد من المحلول المغذى تتسرب إلى هواء البيت؛ وهو الأمر الذى قد لا يتحقق عند تدفئة التربة (Resh ١٩٨٥).

وقد وجد Takano (١٩٩١) أن رفع حرارة المحلول المغذى (فى مزارع تقنية الغشاء المغذى) إلى ٢٧°م أدى إلى زيادة المحصول المبكر والكلى للطماطم، حتى مع انخفاض حرارة هواء الصوبة ليلاً إلى ٥°م أو أقل. كما أدى رفع حرارة المحلول إلى ٢٥°م إلى زيادة الوزن الجاف لنباتات القاوون، وكذلك زيادة محتواها من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

وأوضحت دراسة أجريت على بعض الخضر الصيفية الورقية والخس فى مزارع مائية كانت حرارة المحاليل المغذية فيها ١٥، أو ٢٠، أو ٢٥°م أن امتصاصها للماء كان غير كاف فى حرارة ١٥°م، وأن امتصاصها لعناصر البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور كان أقل ما يمكن فى حرارة ٢٥°م، بينما كانت حرارة ٢٠°م هى الأفضل لامتصاص الماء والعناصر (Park وآخرون ١٩٩٥).

وكذلك وجد أن تبريد المحاليل المغذية فى المزارع المائية للخس يقلل — بشدة — من اتجاه النباتات نحو الإزهار، كما يقلل — كذلك — من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum*، وتبين لدى استعمال معاملات مختلفة للهواء والمحلول المغذى أن أعلى إنتاج كان عندما خفضت حرارة المحلول المغذى إلى ٢٤°م، سواء أكانت حرارة الهواء ٢٤، أم ٣١°م؛ بما يعنى إمكان الاكتفاء بتبريد المحلول المغذى للتغلب على الآثار السلبية لحرارة الهواء العالية (Thompson وآخرون ١٩٩٨).

ويمكن بالتحكم فى حرارة النمو الجذرى التأثير على جودة المحصول .. ففى دراسة

على تأثير حرارة الجذور على جودة الخضر، زرعت السبانخ فى مزرعة مائية حوفظ فيها على حرارة الجذور عند ٢٠ْم حتى قبل الحصاد بأسبوع واحد، ثم خُفِّضت حرارة الجذور — فقط — إلى ٥ْم أدت هذه المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى محتوى الأوراق من كل من السكريات وحامض الأسكوربيك والحديد Fe^{2+}، مع خفض شديد فى محتواها من كل من النترات وحامض الأكساليك؛ بما يعنى أن المعاملة كان لها تأثير كبير فى تحسين جودة السبانخ (Hidaka وآخرون ٢٠٠٨).

٣- توفير وسائل فريدة ومتعددة لمكافحة الأمراض، يصعب أو يستحيل تطبيقها فى المزارع الأرضية أو حتى فى النوعيات الأخرى من المزارع اللاأرضية ومن بين هذه الوسائل ترشيح المحاليل المغذية للتخلص من مسببات الأمراض، وتعقيم المحاليل بالأشعة فوق البنفسجية أو بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic، أو إضافة المبيدات الجهازية أو الكائنات المستعملة فى المكافحة البيولوجية إليها، وتزويد المحاليل المغذية بالمركبات التى تزيد المقاومة الطبيعية للنباتات ضد الأمراض، وغيرها من الوسائل التى نتناولها بالشرح فى الفصل الثامن.

ولقد أدى تعريض المحاليل المغذية لمزارع الشيكوريا — بصورة دائمة — للأشعة فوق البنفسجية بطول موجى ٢٥٤ نانوميتر، تنبعث من لمبات بقوة ٦٤ واط، بهدف تعقيمها إلى إحداث زيادة جوهرية فى وزن الجذور المغذية ووزن الرؤوس والمحصول الكلى، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Babik & Szymański ١٩٩٨).

٤- يمكن التخلص من المركبات السامة التى تفرزها الجذور بإضافة مسحوق الفحم النباتى المُنشَّط إلى المحلول المغذى. وقد وجد Yu وآخرون (١٩٩٣) أن تركيز الكربون يرتفع تدريجيًا فى المحلول المغذى لمزارع الطماطم من ٣ أجزاء فى المليون إلى ٤٠ جزءًا فى المليون؛ بسبب إفرازات الجذور من المواد العضوية، وأن إضافة الفحم النباتى قللت جوهريًا من تلك الزيادة، وأدت إلى زيادة الوزن الجاف للنباتات ومحصولها الكلى.

وأمكن عزل مركبات فينولية من المحلول المغذى الخاص بالمزارع المائية للخيار، وكان

أحد تلك المركبات — وهو 2,4-dichlorobenzoic acid — أشدها تأثيرًا، حيث أدى بعد عزله وإضافته للمحاليل المغذية بتركيز ٢ ميكروليتر/لتر إلى إحداث خفض فى محصول الثمار وفترة الحصاد، وإن لم يكن مؤثرًا على النمو النباتى. وقد أمكن التخلص من ذلك التأثير بإضافة الفحم المُنشّط للمحلول المغذى (Asao وآخرون ١٩٩٩).

٥- قد يمكن تحسين القيمة الغذائية للخضر المنتجة بإضافة مركبات معينة إلى المحاليل المغذية. فمثلاً .. أدى استبدال المحلول المغذى للخس ذو الأوراق الدهنية المظهر فى مزارع الغشاء المغذى — قبل الحصاد بأربع وعشرين ساعة — بمحلول مغذٍ آخر غنى فى الحديد إلى زيادة تركيز الحديد فى الأوراق إلى ١٠٠ جزء فى المليون، أو نحو أربعة أضعاف تركيزه فى أوراق نباتات الكنترول، بينما لم يتأثر تركيز باقى العناصر بتلك المعاملة (Inoue وآخرون ١٩٩٤أ).

وفى دراسة أخرى مماثلة (Inoue وآخرون ١٩٩٤ب) على طرازين من خس الرؤوس (ذو الأوراق المتقصفة وذو الأوراق الدهنية المظهر) استبدل فيها المحلول المغذى المستعمل قبل الحصاد بفترة قصيرة بآخر يحتوى على ١٠٠٠ جزء فى المليون من حامض الأسكوربيك إلى زيادة تركيز الحامض بالأوراق إلى نحو أربعة أمثال تركيزه فى أوراق نباتات الكنترول.

وأمكن زيادة محتوى أوراق الخس (من مجموعة خس الرؤوس ذى الأوراق الدهنية المظهر) من حامض الأسكوربيك بإضافة أسكوربات الصوديوم إلى المحلول المغذى فى المزارع المائية بتركيز ١٠٠٠، و ٢٠٠٠ جزء فى المليون قبل الحصاد بأربع وعشرين ساعة. وذلك بمقدار ٣,٥، و ٤,٧ ضعف — على التوالى — مقارنة بمحتوى حامض الأسكوربيك فى أوراق النباتات التى لم تتلق تلك المعاملة؛ هذا .. إلاّ أن التركيز المرتفع تسبب فى نقص امتصاص الماء إلى درجة صاحبها ظهور ذبول بالأوراق. وجدير بالذكر أن المعاملة لم تكن مؤثرة على محتوى الأوراق من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، كما لم يتأثر محتوى الأوراق العالى من حامض الأسكوربيك أو مظهرها بعد التخزين على ٥ °م لمدة ثلاثة أيام (Inoue وآخرون ١٩٩٥).

ولقد وجد Inoue وآخرون (٢٠٠٠) أن تغذية السبانخ والخس والبصل الأخضر فى المزارع المائية بسترات الأمونيوم والحديديك ammonium ferric citrate (١٠٠ مجم/لتر) لمدد تراوحت من ٣ إلى ١٥ ساعة صاحبتها زيادة خطية — تقريبا — فى محتوى أوراق تلك الأنواع النباتية من الحديد، ولكن ظهرت عليها أضرار زيادة الحديد بعد التغذية الزائدة بالعنصر لمدة ١٢ ساعة فى السبانخ. ولمدة ٩ ساعات فى كل من الخس والبصل الأخضر وعند تحليل العنصر فى الأوراق الخالية من أية أضرار ظاهرة بعد ٩ ساعات من التغذية بالعنصر فى السبانخ، وبعد ٦ ساعات فى كل من الخس والبصل الأخضر، وجد أن تركيز الحديد فيها (بالملليجرام/١٠٠ جم وزن طازج) ازداد فى السبانخ من ٠,٨٢ ± ٠,٠٦ فى الكنترول إلى ٦,٠٠ ± ٠,٩٢، وفى الخس من ٠.٨٢ ± ٠,٠٥ إلى ٣,٠٥ ± ٠.٤٠، وفى البصل الأخضر من ٠,٥٨ ± ٠,٠٤ إلى ٢,٠٠ ± ٠,٣٢ وعندما كانت التغذية بالحديد المخلبى EDTA-Fe ظهرت أضرار العنصر بعد ٦ ساعات — فقط — من المعاملة فى المحاصيل الثلاثة؛ وبذا . لم تكن المعاملة واقعية، مقارنة بالمعاملة بالحديد فى صورة سترات الأمونيوم والحديديك

٦- يمكن بالتحكم فى مستوى النيتروجين فى المحلول المغذى التحكم فى مستوى النترات بالنباتات؛ فمثلاً أدى حذف النيتروجين من المحلول المغذى للخس بعد الزراعة بخمسين يومًا، ثم الحصاد بعد ذلك بثمانية عشر يومًا إلى نقص فى كل من المحصول ومحتوى الأوراق من النترات، حيث كان محصول النباتات التى تلقت محلولاً غذائيًا كاملاً حتى الحصاد يزيد بمقدار ٢٠٪، ومحتوى أوراقها من النترات يزيد بمقدار ٦٤٪، مقارنة بما حدث فى النباتات التى مُنع عنها النيتروجين قبل الحصاد بثمانية عشر يومًا. هذا .. إلا أن أعلى تركيز للنيتروجين بالأوراق فى هذه الدراسة كان ١٥٥٠ جزءًا فى المليون، وهو يقل عن الحد الأقصى المسموح به فى دول شمال أوروبا (Magnani & Oggiano ١٩٩٧)

٧- يمكن التأثير على النمو النباتى والمحصول وجودته بإذابة الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون فى المحلول المغذى وعلى سبيل المثال .. من المعروف أن جذور الطماطم تمتص

الأكسجين من المحاليل المغذية بيسر وسهولة، وتعد حساسة لتركيز الأكسجين المذاب فيها. ولقد وجد أن تشبيع المحاليل المغذية بالأكسجين المذاب حفز امتصاص الفوسفات. وعندما كان المحلول المغذى فقيرًا نسبيًا فى كل من النيتروجين والفوسفور، فإن تشبيع المحلول بالأكسجين ساهم فى زيادة أطوال النباتات، والوزن الطازج للسيقان والأوراق، ووزن الجذور، وتركيز الفوسفور فى كل من السيقان والأوراق والثمار، وذلك مقارنة بالوضع عندما لم يشبع ذلك المحلول المغذى بالأكسجين (Tanaka وآخرون ٢٠٠١).

ولقد أضحت دراسة أجريت على الطماطم فى مزرعة مائية قورن فيها تأثير الأكسجين فى المحلول المغذى (عالى: ١١٪-١٤٪، ومتوسط: ٥,٨٪-٧٪، ومنخفض: ٠,٨٪-١,٥٪) على النمو النباتى وإصابة الجذور بالفطر *Pythium* spp. مسبب مرض عفن الجذور أن تركيز الأكسجين العالى أحدث زيادة فى النمو النباتى الخضرى والجذرى، وخفضًا شديدًا فى استعمال الفطر للجذور، لدرجة أن النباتات التى أعطيت تلك المعاملة ظلت خالية من أية أعراض للإصابة بالفطر طوال فترة التجربة، بينما ظهرت أعراض الإصابة على النباتات التى لم تعط تلك المعاملة بعد ستة أيام من العدوى بالفطر. ولقد تبين أن نباتات الكنترول التى أعطيت معاملة التركيز المنخفض من الأكسجين فى المحلول المغذى ازداد فيها نشاط إنزيمات الليبوكسى جينيز lypoxygenase، مقارنة بالنباتات التى أعطيت معاملة التركيز المرتفع للأكسجين، وكانت تلك الاختلافات أكثر وضوحًا بعد العدوى بالفطر، ويعتقد أن تلك الزيادة فى نشاط إنزيمات الليبوكسى جينيز فى النباتات النامية تحت شد نقص إمدادات الأكسجين للجذور مع العدوى بالفطر ربما تؤدى إلى إحداث تحلل وخلل فى تركيب ووظائف ليبيدات الأغشية الخلوية، مما يسهل استعمار الفطر للجذور، وظهور أعراض الإصابة (Chérif وآخرون ١٩٩٧).

ودُرس تأثير استعمال محاليل مغذية تحتوى على أكسجين بتركيز ٠,٥، و ٣,٥، و ١٠ مجم/لتر فى مزارع الصوف الصخرى للخيار، ووجد أن التركيز المنخفض أحدث نقصًا فى النموين الخضرى والجذرى، بينما كانت أكبر مساحة ورقية عندما استعمل التركيز المرتفع. كما وجد أن تركيز الأكسجين فى المحلول المغذى يُستهلك كلية فى

خلال ٣٠ دقيقة من ضخ المحلول فى الجو الدافئ، ولذا فإن من الضرورى إعادة ضخ المحلول المغذى على فترات متقاربة (Holtman وآخرون ٢٠٠٥)

كذلك دُرس تأثير زيادة محتوى المحاليل المغذية فى المزارع اللاأرضية للخيار والفلفل من الأكسجين، حيث كان تركيز الغاز فى المحاليل بالخزانات المستعملة إما أقل من العادى – كما فى المحاليل التى يتخللها الهواء ويذوب فيها الأكسجين بصورة طبيعية – (٢ مجم/لتر)، وإما عادى (٥–٦ مجم/لتر)، وإما متوسط (١٦ مجم/لتر)، وإما عالٍ (٣٠–٤٠ مجم/لتر) ولقد أدت زيادة تركيز الأكسجين إلى تحسين محصول الخيار فى تجربة واحدة، بينما لم يكن لأى من تركيزات الغاز – بما فى ذلك الأقل من العادى – أى تأثير فى تجربتين أخرتين ولم يظهر أى تأثير لزيادة تركيز الأكسجين على محصول الفلفل هذا . إلا إنه فى كلا المحصولين كانت لزيادة تركيز الغاز تأثيرات إيجابية على طول فترة تخزين الثمار. ولقد تبين أن محتوى المحلول المغذى من الأكسجين ينخفض عند النقاطات بمقدار ٢٠٪–٦٧٪ من محتواه فى خزانات المحلول، وذلك تبعاً للتركيز الابتدائى المستعمل للغاز فى الخزانات واستمر الانخفاض فى تركيز الغاز فى بيئة الزراعة إلى أن وصل إلى التركيز العادى فى المحلول المغذى المنصرف منها ولقد تحسن نمو نباتات الخيار عندما حُوفظ على تركيز الأكسجين عاليًا بصورة دائمة بالرى الغزير (لمدة دقيقة من كل اثنتين) بمحلول مغذ عالٍ فى محتواه من الغاز. هذا إلا أن تلك المعدلات العالية للرى ليست عملية فى الإنتاج التجارى للخيار أو الفلفل (Ehret وآخرون ٢٠١٠)

وعندما عوملت المزارع المائية للطماطم بكلوريد الصوديوم بتركيز صفر أو ١٠٠ مللى مول، وبتهوية المحلول المغذى إما بالهواء الجوى العادى، وإما بالهواء المحمل بثانى أكسيد الكربون بتركيز ٥٠٠٠ ميكرومول/مول، فإن النباتات التى تلقت معاملة الملوحة العالية ازداد وزنها الجاف وازداد فيها تراكم النيتروجين عندما عوملت محاليلها المغذية بالهواء المحمل بثانى أكسيد الكربون بدرجة أكبر عما إذا كانت تلك المحاليل قد عوملت بالهواء الجوى العادى كذلك ازداد فى النباتات التى تلقت معاملة الملوحة

وثانى أكسيد الكربون — معًا — بالمحلول المغذى امتصاص النترات، كما ازداد انتقال النترات والنيتروجين المختزل فى عصير الخشب عما فى النباتات التى عوملت باللوحة، ولكن دون زيادة لثانى أكسيد الكربون فى المحلول المغذى. ولقد تبين أن الكربون غير العضوى الذائب ازداد فى جذور النباتات التى كانت فى محلول مغذ غنى بثانى أكسيد الكربون، سواء أكان ذلك المحلول قد أعطى معاملة الملوحة أم لم يُعطاها. وتبين — كذلك — أن المحاليل المغذية المعاملة بالهواء الغنى بثانى أكسيد الكربون أمكنها امتصاص المزيد من النيتروجين وتوفير الكربون لتمثيل الأحماض الأمينية فى الجذور عند زيادة الملوحة. وبذا .. فإن معاملة المحاليل المغذية بالهواء الغنى بثانى أكسيد الكربون يمكن أن يخفف من النقص فى إمدادات الكربون التى تلزم لتمثيل الأمونيوم، وبالتالى فإنها تُحسِّن من تأثير الملوحة على كل من امتصاص النترات وتمثيلها وعلى النمو النباتى (Cramer & Lips ١٩٩٥).

هذا .. إلاّ أن زيادة تركيز الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى للطماطم عن التركيز العادى — الذى يقدر بنحو ٨,٥ مجم/لتر — إلى ٤٠ مجم/لتر أثر سلبيًا — فى خلال أسبوعين من المعاملة — على النمو الجذرى ذاته، ومن ثم على النمو الخضرى. ولذا .. فإنه — وتجنبًا للآثار السلبية لكل من نقص الأكسجين الذائب وزيادته إلى ٤٠ مجم/لتر — فإن من المفضل زيادته حتى ٣٠ مجم فقط/لتر (Zheng وآخرون ٢٠٠٧).

٨- قد يمكن التأثير على النمو النباتى بإضافة مركبات أو كائنات معينة إلى المحلول المغذى؛ فمثلاً .. وجد Takahashi وآخرون (١٩٩٣) على الطماطم أن إضافة حامض الأبسيسك بتركيز ٠,١ جزءًا فى المليون فى المحلول المغذى أدى إلى تنشيط النمو النباتى بقوة؛ بسبب التأثيرات الإيجابية التى أحدثها منظم النمو؛ وهى: زيادة النمو الجذرى، وارتفاع درجة حرارة النموات الخضرية، وزيادة نشاط أكسدة الـ α-napthylamine فى الجذور، وزيادة تكوين الجذور العرضية. هذا .. إلا أن زيادة تركيز حامض الأبسيسك إلى ٥ أجزاء أو ١٠ أجزاء فى المليون. أحدثت تأثيرات عكسية على النمو النباتى.

وأدت إضافة السيلينيم للمحاليل المغذية بتركيز ٥ ، ، و ١٠ مجم/لتر إلى زيادة تركيز العنصر بأوراق الشبكوريا والخس، وإلى زيادة المحصول وقد كان السيلينيم فعالاً فى خفض إنتاج الإثيلين ونشاط الإنزيم phenylalanine ammonia lyase، مما قد يعمل على تحسين القيمة الغذائية وتحسين جودة بعد الحصاد للمنتجات سابقة التجهيز من كلا المحصولين (Malorgio وآخرون ٢٠٠٩).

وأمكن بإضافة التحضير التجارى الحيوى EM-1 Agricultural إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية تحسين جودة المحاصيل وقدرتها التخزينية بعد الحصاد. ولقد حسنت هذه المعاملة قوة النمو النباتى وكثافة الأنسجة فى الطماطم والخس بفعل عديد من الإنزيمات، والأحماض العضوية، ومحفزات النمو، والمركبات الفلافونية الحيوية biolfavinoids، والأحماض الأمينية التى تنتج — جميعها — من النشاط الحيوى للكائنات الدقيقة التى تتواجد فى الـ EM-1. وهى التى تُمتص من خلال المجموع الجذرى للنباتات وتتركز تلك الكائنات الدقيقة على امتداد أسطح الجذور، لتكون علاقة تبادل منفعة مع النباتات تشبه تلك التى تتواجد مع الميكوريزا ويفيد الـ EM-1 فى زيادة كفاءة امتصاص النباتات للعناصر، فى الوقت الذى يقلل فيه من الشدّ الذى قد يُحدثه وجود تركيزات عالية من المغذيات فى المحاليل المغذية. ويضاف الـ EM-1 إلى المحاليل المغذية بنسبة ١ : ١٠٠٠ فى مزارع الطماطم، و ١ : ٢٠٠٠ فى مزارع الخس.

٩- يمكن تحسين جودة المنتج المزروع بالتحكم فى تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية، فقد أدى تعريض نباتات الخس فى الزراعات المائية قبل حصادها لمحاليل مغذية بدرجة توصيل كهربائى مقدارها ٣,٨ أو ٤,٨ مللى سيمنز/سم إلى تحسين خصائص الخس المجهز للمستهلك، حيث انخفض فيه إنتاج ثانى أكسيد الكربون مع انخفاض فى عمليات التحلل. وقد كان الخس الناتج بعد معاملة الملوحة أقل فى نشاط الأوكسيديز. وانخفضت فيه ظاهرة التلون البنى أثناء التخزين، وقلّت فيه أعداد البكتيريا والفطريات والخمائر بالنسيج الوسطى mesophyl للأوراق، وازدادت قدرته على التخزين عما حدث فى خس معاملة الكنترول (Scuderi وآخرون ٢٠١١)

ودُرس تأثير تسميد الهندباء في تقنية الغشاء المغذى بمحلول مغذٍ يحتوى على ٤٠ مللى مول كلوريد صوديوم لكل لتر أو ١٠ مللى مول كبريتات بوتاسيوم لكل لتر، أو يحتوى على كلا الملحين معًا، مع معاملة نباتات إضافية بالرش بمحلول نترات كالسيوم بتركيز ١٥ مللى مول/لتر، أو بالماء المقطر. ولقد وجد أن الملوحة أو المعاملة بالبوتاسيوم والكالسيوم أثرت — أساسًا — على الجزء العلوى من النباتات، وقللت مساحة الأوراق، إلاّ إنه عندما صاحبت معاملة الملوحة المعاملة بالبوتاسيوم أو الكالسيوم عُكِسَ التأثير السلبى للملوحة على النمو، فلم تختلف النباتات التى عُوملت بتلك الطريقة عن تلك التى عُوملت يالبوتاسيوم والكالسيوم فقط فى كل من الكتلة البيولوجية للنبات، ونسبة الأوراق إلى الجذور، والوزن الطازج للأوراق، وعدد الأوراق، وطول الجذور. ولم يكن للملوحة أى تأثير على معدل البناء الضوئى، أو درجة توصيل الثغور، أو تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المسافات البينية. هذا .. بينما ازداد معدل البناء الضوئى وتوصيل الثغور عند الرش بالكالسيوم، وانخفضا عند إضافة البوتاسيوم. وقد انخفض امتصاص العناصر إلى الربع فى النباتات التى عُوملت بالملوحة، مقارنة بالامتصاص فى نباتات الكنترول. ويستفاد من تلك النتائج أنه بالتحكم المناسب فى تركيز الملح بالمحلول المغذى مع إضافات من البوتاسيوم أو الكالسيوم يمكن تحسين جودة المحاصيل الورقية دون التأثير كثيرًا على المحصول (Tzortzakis ٢٠١٠).

١٠– تزداد فى المحاليل المغذية أعداد بكتيريا المحيط الجذرى المفيدة للنباتات:

قُدرت أعداد الخلايا البكتيرية فى المحلول المغذى لمزارع الصوف الصخرى للطماطم بنحو ١٠^٥–١٠^٦ خلية بكتيرية هوائية لكل ملليلتر، وذلك بعد ٢٤ ساعة — فقط — من زراعة الطماطم، مقارنة بنحو ٥٠٠–٩٠٠ خلية بكتيرية فى محلول مغذ مماثل ولكن بدون نباتات. وقد استمرت تركيزات البكتيريا ثابتة دون تغيرات جوهرية على مدى ١٢ أسبوعًا بعد ذلك.

وتبين لدى مقارنة عزلات تلك البكتيريا ما يلى:

١– كانت ٤٠٪ منها من الجنس *Pseudomonas*

٢- حوالى ٤٠٪ منهم كانت من الأنواع *Agrobacterium*، و *Azospirillum*، و *Comamonas*، و *Entrobacter*، و *Xanthomonas*

٣- مثلت الأجناس *Alcaligenes*، و *Aureobacterium*، و *Cytophaga*، و *Falvobacterium*، و *Rhodococcus*، و *Yersinia* أقل من ٢٪ من العزلات

٤- لم يمكن تحديد حوالى ٢٠٪ من العزلات (Berkelmann وآخرون ١٩٩٤)

عيوب المزارع المائية

إلى جانب العيوب التى تشترك فيها المزارع المائية مع باقى أنواع المزارع اللاأرضية — والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس — فإن المزارع المائية تنفرد بعيوب إضافية نجملها فيم يلى

١- يعتقد أن استمرار استعمال المحاليل المغذية فى النظم المغلقة يؤدى إلى انتشار مسببات الأمراض التى يمكن أن تصيب النباتات عن طريق الجذور. وعلى الرغم من أن Cooper (١٩٨٢) أوضح أن هذا الأمر لم يتأيد حدوثه على أرض الواقع، فإن بعض الدراسات الحديثة تُلفت الانتباه إلى أهميته، كما يلى

أ- ذكر Larsen (١٩٨٢) أن الفطر *Pythium* أحدث خسائر كبيرة فى كل من الطماطم والخيار فى المزارع المائية المغلقة، مثل تقنية الغشاء المغذى ومزارع الحصى؛ وذلك عندما ارتفعت حرارة المحلول المغذى إلى ٣٠°م أو أكثر من ذلك كذلك وجد Carrai (١٩٩٣) أن الفطر *Pythium aphanidermatum* — المسبب لعفن جذور الخس — انتشر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى التى ارتفعت فيها حرارة المحلول المغذى إلى ٢٩-٣٩°م. ولكنه لم يظهر عندما بُرّد المحلول المغذى إلى ٢٠-٢٤°م.

وبالمقارنة لم ينتشر فطر البثيم فى المزارع الرملية الجيرية، علما بأن المزارع الرملية من النظم المفتوحة

ب- ينتقل عديد من الفيروسات إلى النباتات من خلال المحاليل المغذية الملوثة صناعيًا، أو التى تلوثت طبيعيًا بالفيرس. ومن أمثلة هذه الفيروسات ما يلى (عن Schuerger & Hammer ١٩٩٥).

فيرس موزايك الخيار المتبرقش الأخضر Cucumber Green Mosaic Virus.

مسبب العرق الكبير فى الخس Lettuce Big Vein.

فيرس بقع القاوون المتحللة Melon Necrotic Spot Virus.

فيرس إكس البطاطس Potato Virus X.

فيرس موزايك التبغ Tobacco Mosaic Virus.

فيرس تقزم الطماطم الشجيرى Tomato Bushy Stunt Virus.

فيرس موزايك الطماطم Tomato Mosaic Virus.

ولقد تبين أن كلا من النوعين البكتيريين *Pseudomonas corrugata*، و *Pseudomonas marginalis* — اللذان تكثر أعدادهما فى مزارع الصوف الصخرى — يرتبطان بظاهرة انهيار الطماطم فى تلك المزارع (Kudela وآخرون ٢٠١٠).

٢- ارتفاع حرارة المحلول المغذى:

إن أكثر مشاكل الماء شيوعًا هى الحرارة العالية جدًّا التى تصل إليها المحاليل المغذية صيفًا، حيث ترتفع حرارته أثناء دورانه فى قنوات النظام عندما تزيد حرارة هواء الصوبة عن ٣٢°م. ويحدث الضرر للنباتات عندما ترتفع حرارة المحلول المغذى عن ٢٧-٢٩°م؛ حيث يقل النمو النباتى. ولا يمكن للماء الدافئ أن يحمل الأكسجين بالقدر الكافى كما يحمله الماء الأبرد، كما أن ارتفاع حرارة بيئة الجذور يقود إلى مشاكل فى نمو الجذور وفى أدائها لوظائفها، كذلك تزداد مشاكل أعفان الجذور عند ارتفاع حرارة المحلول المغذى بشدة.

ولا تكون تلك المشكلة بنفس الحدة فى مزارع الصوف الصخرى أو البرليت أو الأكياس؛ نظرًا لأن المحلول الداخل إلى النظام يأتى من المصدر مباشرة، ولا يُعاد دورانه.

وللتحكم فى الحرارة العالية للمحاليل المغذية يجب أن تكون الأسطح الخارجية لأوعية بيئة الزراعة، والأكياس، والقنوات، والأنابيب بيضاء أو عاكسة للضوء، فذلك يحد من تراكم الحرارة فى البيئة.

أما فى تقنية الغشاء المغذى فإن المحاليل المغذية يجب إما تغييرها على فترات قصيرة أو تبريدها، علما بأن التبريد يمكن أن يتم باستعمال ملف تبريد يوضع فى تانك تجميع المحلول.

وأخيرًا فإن التحكم الجيد فى حرارة هواء الصوبة باستعمال المراوح الساحبة للهواء، والتظليل، ووسائد التبخير تُساعد فى خفض حرارة المحاليل المغذية (Hochmuth ٢٠٠١أ).

٣- قد يؤثر نقص الأكسجين فى المحاليل المغذية على النباتات النامية بها، الأمر الذى يتطلب توفير الوسائل التى تسمح بالمحافظة على تركيز عال من الأكسجين بالمحاليل.

فمثلاً، أدى التركيز المنخفض جدًّا من الأكسجين فى المحلول المغذى بالمزارع المائية (٠,٠١ مللى مول) إلى إبطاء نمو الخس، مقارنة بالنمو فى التركيزات الأعلى (٠,١، و ٠,٢ مللى مول أكسجين)، وقد أرجع ذلك إلى انخفاض امتلاء الأوراق فى تركيز الأكسجين المنخفض، بسبب ضعف قدرة الجذور على امتصاص الماء فى تلك الظروف (Yoshida وآخرون ١٩٩٧).

ولقد أوضحت دراسة استخدمت فيها تركيزات مختلفة من الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى (٠,٠١، و ٠,١، و ٠,٢ مللى مول mM) للخيار أن خفض تركيز الأكسجين صاحبه خفض فى امتصاص الماء، والمساحة الورقية، والوزن الطازج والجاف للأوراق، دون التأثير على طول الساق أو عدد الأوراق. ولقد اقترح حدوث انخفاض فى نفاذية أغشية خلايا الجذر جراء انخفاض تركيز الأكسجين، بسبب تأثر عمليات حيوية تعتمد على توفر الغاز، وأن النمو تأثر سلبيًا بانخفاض امتلاء الخلايا، الذى حدث نتيجة نقص امتصاص الجذور للماء فى المحاليل التى نقص فيها تركيز الأكسجين (Yoshida وآخرون ١٩٩٧).

وعندما عرضت جذور شتلات الطماطم والخيار لمحاليل مغذية تحتوى على ١، أو

٢، أو ٤، أو ٨ أجزاء في المليون من الأكسجين، مع ضبط حرارة المحلول المغذى على ٢٢ أو ٣٠°م للطماطم، و ٢٥ أو ٣٣°م للخيار، كان نمو نباتات الطماطم متردیًا في تركيز ١، أو ٢ جزء في المليون من الأكسجين مقارنة بنموها في التركيز الأعلى، أيًا كانت حرارة المحلول المغذى. أما نمو نباتات الخيار فقد تأخر قليلاً في تركيز جزء واحد في المليون من الأكسجين على حرارة ٢٥°م، كما تردّى النمو جوهريًا في تركيز ١، أو ٢ جزء في المليون على حرارة ٣٣°م (Rong & Tachibana ١٩٩٧).

وعندما دُرس تأثير نقص الأكسجين في المحاليل المغذية للمزارع اللاأرضية على نمو نباتات الطماطم النامية بها، وجد أن لنقص الأكسجين تأثيرات فورية على امتصاص الماء والعناصر المغذية؛ ففي خلال ٤٨ ساعة حدث نقص قدره ٢٠٪–٣٠٪ في امتصاص الماء، بينما توقف — تمامًا — امتصاص العناصر بعد ١٠ ساعات فقط، وذلك باستثناء النترات التي استمر امتصاصها. ولقد كان البوتاسيوم أكثر العناصر تأثرًا، حيث بدأ يقل امتصاصه بعد ٤ ساعات فقط من اختفاء الأكسجين من المحاليل المغذية (Morard وآخرون ٢٠٠٠).

وفي مزارع الصوف الصخرى للطماطم والخيار تبين أن المحلول المغذى يكون مشبعًا — تقريبًا — بالأكسجين لدى مروره في الجزء العلوى من وسادة الصوف الصخرى بعد الرى مباشرة، ولكنه ينخفض سريعًا بمروره إلى أسفل حتى يصل إلى تركيز شبه ثابت قدره حوالى ٤ مجم/لتر (Rivière وآخرون ١٩٩٣).

وبالمقارنة .. لم تظهر أى اختلافات في نمو الخس الورقي والجذرى في مزرعة مائية بنظام الطفو floating system، قورن فيها تأثير مستويات الأكسجين التالية في المحلول المغذى: ٢٥٪ تشبع على ٢٤°م (٢,١ مجم/لتر)، و ٥٠٪ تشبع (٤,٢ مجم/لتر)، وتشبع تام (٨,٤ مجم/لتر)، وتشبع زائد (١٦,٨ مجم/لتر). وكان المستوى الحرج للأكسجين للنمو الجيد للخس في هذه الدراسة هو ٢,١ مجم/لتر (Goto وآخرون ١٩٩٧).

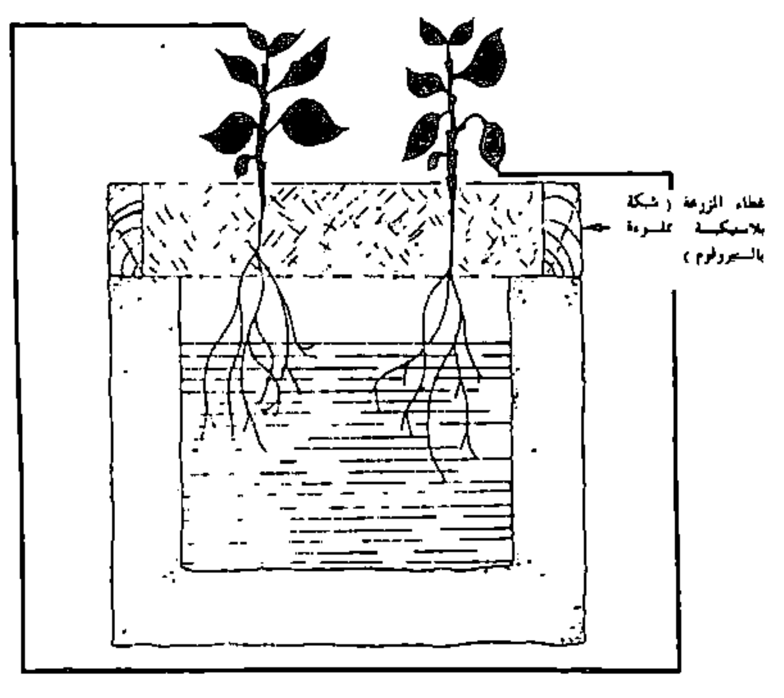
٤- تكون الخضر المنتجة في المزارع المائية أقل في قيمتها الغذائية عن تلك المنتجة في التربة العادية تحت ظروف الحقل؛ وذلك بسبب سرعة النمو النباتى الكبيرة في

المزارع المائية. مقارنة بسرعة النمو فى التربة. وعلى سبيل المثال . تكون السبانخ أقل فى محتواها من حامض الأسكوربيك عند إنتاجها فى المزارع المائية، مقارنة بالمحتوى فى السبانخ المنتجة فى التربة وعلى الرغم من ذلك، فإنه يمكن — كما أسلفنا — إدخال مركبات مغذية عضوية أو غير عضوية فى المحاليل المغذية فى الوقت المناسب لتمتصها النباتات، ويزداد محتواها منها مباشرة، مثل إدخال حامض الأسكوربيك والحديد والكالسيوم

٥- تزيد المزارع المائية من احتمالات سرعة التلوث بالميكروبات الضارة بصحة الإنسان، فقد أظهرت دراسة أجريت على الطماطم فى مزرعة مائية لوِّث فيها المحلول المغذى ببكتيريا السلمونيلا *Salmonella* بمعدل ٤,٤٦-٤,٦٥ لو (لوغاريتم) وحدة مكونة للمستعمرات CFU/مل أن البكتيريا يمكن أن تنتقل داخليًّا فى نباتات الطماطم بعد دخولها عن طريق الجذور — سواء أكانت الجذور سليمة، أم مجروحة بقطع جزء منها — إلى الساق والأوراق. وقد وصلت أعداد البكتيرب فى السويقة الجنينية السفلى والأوراق الفلقية والسيقان والأوراق الحقيقية لأكثر من ٣٨ ٣ لو CFU/جم من تلك الأنسجة، وذلك بعد ٩ أيام فى المزرعة التى لوِّث محلولها المغذى بالبكتيريا، أيًّا كانت حالة جذورها (Guo وآخرون ٢٠٠٢).

مزارع المحاليل المغذية

تعتبر مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture أول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيز مغلق قد يكون وعاءً بلاستيكيًا بحجم مناسب (للأغراض البحثية والتعليمية)، أو أحواضًا أسمنتية مطلية بالبيتومين (الزفت) تصلح للإنتاج التجارى. وتختلف الأحواض المستعملة لهذا الغرض فى العرض من ٣٠-١٠٠ سم، وفى الطول من ٦٠-٢٥٠ سم، وفى العمق من ١٥-٢٢,٥ سم، وهى تملأ بالمحلول لعمق ١٠-١٥ سم. وتترك مسافة ٥-٧,٥ سم حتى غطاء الحوض الذى يكون صالحًا لكل من زراعة البذور، أو تثبيت الشتلات حسب طريقة الزراعة المتبعة (شكل ٦-١).



شكل (٦–١): مقطع عرضى فى مزرعة محلول مغذٍ تجارية.

يتكون غطاء الحوض (يطلق عليه اسم طاولة مهاد الركام المبعثر litter tray) من شبكة بلاستيكية (بدلاً من شباك السلك المجلفن التى كانت تستعمل سابقًا، حتى يمكن تلافى مشكلة التسمم من الزنك) تملأ بالستيروفوم Styrofoam وجزيئات بلاستيكية أخرى (بدلاً من القش، وقُشارة الخشب، ونشارة الخشب، والبيت موس، وقشور الأرز، وهى المواد التى كانت تستعمل سابقًا)، تكون الشبكة بما فيها من مواد مالئة بسمك ٥–١٠ سم، ويمكن أن تزرع فيها البذور مباشرة أو تثبت فيها الشتلات.

ويفضل – حاليًا – استخدام غطاء بلاستيكى لأحواض الزراعة يتم تثقيبه على الأبعاد المناسبة للنباتات التى يُراد زراعتها. تكون هذه الثقوب بقطر يزيد قليلاً عن القطر المتوقع لقواعد سيقان النباتات البالغة. تمرر جذور الشتلات الصغيرة من هذه الثقوب، ثم تثبت سيقانها فى الغطاء باستعمال أسطوانات صغيرة من الاستيروفوم أو الصوف الصخرى تكون بقطر الثقوب التى فى الغطاء نفسه، ومقطوعة طوليًا؛ ليمكن

تركيبها حول سيقان النباتات، وبمركز كل منها ثقب طولى يسمح بمرور ساق النبات من خلاله

وفى البداية (بعد زراعة البذور أو الشتل) يكون مستوى المحلول المغذى فى الحوض مرتفعًا إلى ما يقرب من ١-٥ ٢ سم من الجانب السفلى لشبكة الغطاء، لكن دون أن يبلها ومع نمو الجذور يخفض مستوى المحلول المغذى تدريجيًا إلى أن تصبح المسافة بين الجانب السفلى للشبكة وسطح المحلول المغذى فى الحوض من ٥-٧,٥ سم ويمكن التحكم فى مستوى المحلول المغذى وإبقاؤه ثابتًا فى الحوض باستعمال أنبوب لتصريف المحلول الزائد عن المستوى المرغوب (Resh ١٩٨٥).

ويتم توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور فى هذا النوع من المزارع بواسطة مضخة صغيرة تعمل بصفة دائمة، وتدفع الهواء من خلال ثقوب توجد فى أنبوب بقاع حوض الزراعة، فيخرج على شكل فقاقيع، فيذوب بذلك جزء من الأكسجين فى المحلول المغذى. ويتطلب ذلك مواصفات خاصة فى فوهة (بزبان nozzle) مدخل الهواء فى المحلول المغذى لأجل زيادة معدل ذوبان الأكسجين فى المحلول (Fang وآخرون ١٩٩٥).

وعلى الرغم من أن دراسات Yoshida & Eguchi (١٩٩٤) — التى استعملا فيها نظير الأكسجين ^{18}O — أثبتت أن الأكسجين الهوائى يمكن أن ينتقل خلال الأوراق والمسافات المملوءة بالغازات فى الأنسجة النباتية إلى الجذور — حيث تستعمله فى التنفس — إلا أن ذلك حدث بمعدلات منخفضة، وتطلب زيادة تركيز الأكسجين الهوائى عن التركيز العادى، ولذا .. فإن حصول الجذور على الأكسجين مباشرة يعد أمرًا حيويًا فى المزارع المائية.

وقد حقق مركز بحوث وتطوير الخضر الأسيوى (AVRDC) تطورًا كبيرًا فى مجال هذا النوع من المزارع المائية بتوصله إلى طريقة لنمو النباتات فى محاليل مغذية، دون الحاجة إلى تهويتها وفى هذه الطريقة تربى النباتات بحيث تمتد جذورها خلال حيز هوائى عريض تحصل منه على احتياجاتها من الأكسجين قبل أن تمتد فى المحلول المغذى (Asian Veg Res. Dev Center ١٩٨٦).

ويعطى Kratky وآخرون (١٩٨٨) تفاصيل إنشاء مزرعة محلول مغذٍ من هذا القبيل. لم يختلف فيها محصول الطماطم جوهريًا عن محصول النباتات النامية فى التربة العادية.

وتمشيًا مع هذا الاتجاه .. وجد Fujime وآخرون (١٩٩١) أن خفض عمق المحلول المغذى (ارتفاعه فى قاع حوض الزراعة) إلى ٣.٥ سم فقط خلال المراحل المتوسطة لنمو نباتات الطماطم كان أفضل من استمرار المحلول المغذى بعمق ٨,٥ سم، أو تأجيل خفض عمقه إلى ٣,٥ سم حتى مرحلة متأخرة من النمو النباتى. وقد علل الباحثون ذلك بأن غاز الأكسجين المذاب فى المحلول المغذى كان أعلى تركيزًا عندما كان المحلول بعمق ٣,٥ سم مقارنة بعمق ٨,٥ سم، كما كانت جذور النباتات أكثر تعرضًا للهواء الجوى فى الحالة الأولى (بسبب انخفاض مستوى المحلول المغذى فى أحواض الزراعة)، مقارنة بالحالة الثانية التى كان فيها المحلول المغذى بعمق ٨,٥ سم.

مزارع الأنابيب

تستعمل فى مزارع الأنابيب Tube Cultures أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC) بقطر ٤ بوصات تشق طوليًا إلى نصفين، ويغطى مكان القطع بالبلاستيك الأسود لمنع نفاذ الضوء. وتستخدم هذه الأنصاف فى زراعة النباتات ذات النمو الخضرى والجذرى المحدودين، كالخس والفراولة. ويتم عمل ثقوب فى البلاستيك تثبت فيها النباتات، وتبقى الجذور داخل الأنبوبة التى يمر فيها المحلول المغذى بصورة دائمة؛ ولهذا .. فإنها يجب أن تكون مائلة بمقدار ٧,٥ سم كل ٣٠ مترًا؛ لتعمل على حسن انسيابه فيها. هذا .. ويعاد استعمال هذه الأنابيب فى الزراعة بعد تعقيمها بهيبوكلوريد الصوديوم. لكن يستعمل معها غطاء بلاستيكى جديد.

وتتحقق التهوية اللازمة للمحلول المغذى فى هذه النوعية من المزارع أثناء مروره من الأنابيب إلى خزان المحلول. ويساعد وضع عدد من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء (Resh ١٩٨٥).

تقنية الغشاء المغذى

تتواجد جذور النباتات في تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique (اختصارًا NFT) في قناة ضيقة مغلقة، ينساب فيها المحلول المغذى بصورة دائمة على شكل غشاء بسمك حوالى ثلاثة ملليمترات، بحيث تبلل الجذور – على الدوام – بمحلول مغذ متجدد، في الوقت الذي يبقى فيه جل المجموع الجذرى للنبات معرضًا للهواء في مستوى أعلى من مستوى المحلول المغذى، الذى لا ينغمر فيه سوى نسبة يسيرة من جذور النباتات. ولأن الجذور التي في الهواء تكون دائمًا محاطة بغشاء من المحلول المغذى؛ لذا . كان الاسم "تقنية الغشاء المغذى".

وقد ابتكر هذه النوعية من المزارع المائية العالم Allen Cooper في المملكة المتحدة عام ١٩٦٥ ومنذ ذلك الحين انتشرت تقنية الغشاء المغذى في أنحاء عديدة من العالم، خاصة في أوروبا، وأمريكا الشمالية، وبعض دول جنوب شرق آسيا مثل اليابان وكوريا الجنوبية

ويطلق على هذه المزارع – أحيانًا – اسم تقنية المحلول المغذى المتدفق Nutrient Flow Technique، بالنظر إلى استمرار تدفق المحلول المغذى خلال المزرعة بصورة دائمة

وقد قدم A Cooper لهذه النوعية من المزارع – بالتفصيل – في كتابه Nutrient Film Technique (Cooper ١٩٨٢).

مميزات وعيوب تقنية الغشاء المغذى

المميزات

من أهم مميزات تقنية الغشاء المغذى ما يلي:

١- لا حاجة إلى التعقيم بين الزراعات المتتالية، نظرًا لأن الأغشية البلاستيكية لا يعاد استعمالها وفي ذلك توفير في الطاقة والجهد والوقت، بالإضافة إلى تقليل احتمالات تلوث البيئة ومصادر المياه بالمبيدات المستخدمة في التعقيم. ويكفي مجرد

غسل قنوات الزراعة وخزان المحلول المغذى والأنابيب بالفورمالين بتركيز ٢٪ بين الزراعات المتتالية.

٢- التوفير فى الماء، نظرًا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق؛ فلا يتعرض للتبخر.

٣- أدت بساطة الفكرة التى يقوم عليها النظام إلى تطويره؛ ليعمل بصورة آلية كليًّا تقريبًا

٤- يناسب النظام عديد من المحاصيل؛ ويتميز بالإنتاجية العالية مع الجودة.

٥- بسبب سهولة التحكم فى بيئة نمو الجذور فى هذا النظام، فإنه يمكن التحكم فى النمو النباتى بصورة أفضل؛ ويتحقق ذلك من خلال التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى، ودرجة توصيله الكهربائى (EC)، والتدفق المتقطع intermittent flow للمحلول المغذى (عن Burrage ١٩٩٣).

٦- يمكن مكافحة الأمراض والآفات بسهولة بإضافة المبيدات الجهازية التى تُمتص عن طريق الجذور إلى المحلول المغذى.

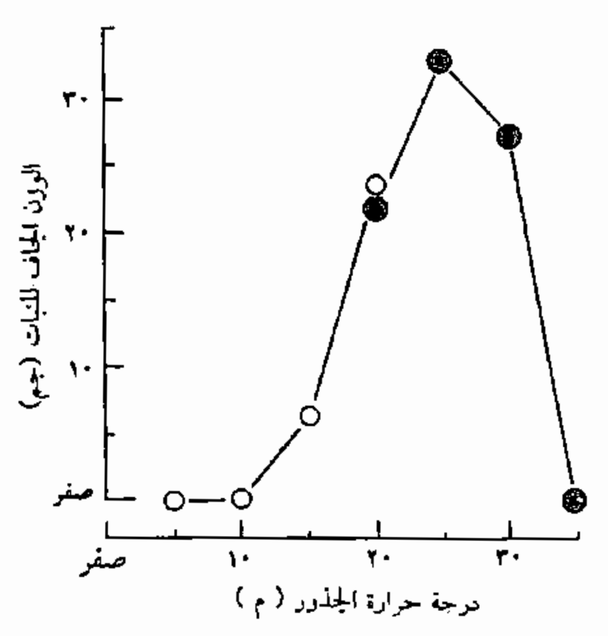
٧- انخفاض التكلفة الإنشائية نسبيًّا.

٨- تعد من أنسب أنواع المزارع المائية لدول الشرق الأوسط التى تكون أراضيها الرملية جيرية، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة.

٩- من السهولة بمكان تدفئة أو تبريد المحلول المغذى؛ بحيث تبقى درجة حرارته - دائمًا - فى المدى المناسب للنمو النباتى؛ والذى يبلغ حوالى ٢٦-٢٧°م للطماطم، و ٢٩°م للخيار؛ مما يقلل الحاجة إلى تدفئة أو تبريد هواء البيت المحمى. ففى الطماطم - على سبيل المثال - تغير نمو النباتات بتغير درجة حرارة المحلول المغذى من ٥°م إلى ٣٥°م، علمًا بأن درجة حرارة الهواء كانت ثابتة عند ٢٠°م (شكل ٦-٢). وقد صاحبت هذه الزيادة فى النمو النباتى زيادة مماثلة فى امتصاص النباتات من العناصر، على الرغم من أن نسبة العناصر ظلت ثابتة فى الأنسجة النباتية عند مختلف درجات الحرارة المستعملة.

ويلاحظ من شكل (٦-٢) أن نمو نباتات الطماطم يتوقف عندما تبلغ حرارة المحلول

المغذى ١٠°م أو ٣٥°م، وأن درجة الحرارة المثلى للنمو تقع بين ٢٦°م و ٢٧°م ولكن يجب إما أن تبقى درجة حرارة المحلول المغذى ثابتة ليلاً ونهارًا، وإما أن تكون أعلى نهارًا منها ليلاً، لأن عكس ذلك يكون له تأثير سيئ على النمو النباتي. ولكل محصول درجة الحرارة المثلى والعظمى الخاصة به.



شكل (٦-٢) تأثير درجة حرارة المحلول المغذى - فى مزرعة تقنية الغشاء المغذى - على الوزن الجاف لنباتات الطماطم عند ثبات درجة حرارة الهواء - ليلاً ونهارًا - عند ٢٠°م تمثل الدوائر البيضاء والسوداء فى الشكل قيمًا حُصِلَ عليها فى تجربتين مختلفتين.

وفى الخس يقلل تبريد المحلول المغذى صيفًا من اتجاه الخس نحو التزهير (الحنبطة). ومن إصابة الخس والخيار والطماطم بالفطر *Pythium aphanidermatum*.

١٠- كذلك تفيد تدفئة المحاليل المغذية فى توفير قدر - ولو ضئيل - من الحرارة للنموات الخضرية قد يحميها من أضرار الصقيع، خاصة عندما تقام مزارع تقنية الغشاء المغذى خارج البيوت المحمية فى المناطق التى تقترب فيها الحرارة ليلاً من درجة التجمد.

وأبسط الوسائل لتدفئة المحاليل المغذية هي بوضع سخان كهربائي – يتصل بمنظم حرارة – مغمورًا في خزان المحلول (على ألا يكون السخان من النحاس) ولكن تكلفة التشغيل بهذه الطريقة تكون عالية، ويفضل عليها استعمال ملفات من الصلب غير القابل للصدأ يمر فيها ماء ساخن أو بخار مع استعمال الزيت أو الغاز كمصدر للطاقة. ويكفي نحو ١٢ مترًا من ملفات بقطر ٥ سنتيمترات لتدفئة المحلول المغذى اللازم لكل هكتار من مزارع تقنية الغشاء المغذى.

١١– قد يمكن الاستفادة من قدرة البكتيريا التابعة للجنس *Rhizobium* على تثبيت أزوت الهواء الجوى في جذور البقوليات في إمداد النباتات غير البقولية باحتياجاتها من هذا العنصر ؛ وذلك بزراعتها مع النباتات البقولية – بنسبة معينة من كل منهما – في مزرعة واحدة؛ حيث يؤدى تسرب النيتروجين من جذور النباتات البقولية إلى توفره في المحلول المغذى؛ لكي تستفيد منه النباتات غير البقولية. وعلى الرغم من أن تركيز الآزوت يكون في هذه الحالة منخفضًا، إلاّ أن المهم هو تأمين استمرار تواجده بألا تنخفض نسبة النباتات البقولية في المزرعة عن حد معين.

١٢– قد يكون من الممكن إقامة تقنية الغشاء المغذى بجانب الأنهار مع استعمال مياه النهر – مباشرة – ودون أية إضافات من العناصر المغذية. ومما يؤيد ذلك أن مياه الأنهار تستعمل بالفعل في إنتاج محصول قوى النمو من الكرسون المائى بطريقة تتدفق فيها مياه النهر على مزارع الكرسون المائى – بصورة مستمرة – لتعود المياه إلى النهر مرة أخرى بعد مرورها على طول معين – لا تتعداه – من المزرعة. كذلك تنمو الأعشاب المائية بغزارة على مياه الأنهار، وتعتمد في نموها على العناصر المغذية التي تتوفر في هذه المياه.

وليس بمستغرب أن تكفى التركيزات المنخفضة من العناصر الضرورية – التي تتوفر في مياه الأنهار – حاجة النباتات من تلك العناصر ما دامت هذه المياه متجددة على الدوام كما في حالتى الأعشاب المائية ومزارع كرسون الماء؛ وهو الشرط الذى يجب أن يتحقق – كذلك – في مزارع تقنية الغشاء المغذى. فمياه النهر يجب أن تتدفق مرة

واحدة خلال المزرعة، ثم تعود إلى النهر مرة أخرى، كما يجب ألا يزيد طول قنوات المزرعة عن حد معين، وإلا تعرضت النباتات التى توجد فى نهاياتها لنقص فى العناصر المغذية.

وجدير بالذكر أن الزراعة بهذه الطريقة لا تحتاج إلى أكثر من قنوات تقنية الغشاء المغذى، فالماء يمكن رفعه إلى خزانات بالوسائل البدائية، ويُتْرَك لينساب من خلال قنوات الزراعة دون أية إضافات من الأسمدة، أو تعديل للـ pH، أو ضخ.. إلخ.

١٣- الاستفادة من مزارع تقنية الغشاء المغذى فى تقنية مياه المزارع السمكية.

نجد فى المزارع السمكية أن براز السمك يجعل الماء غنيًّا بالعناصر الغذائية، ولكنه يُفسد الماء بالنسبة للسمك، الأمر الذى يتطلب تغيير الماء على فترات متقاربة. وإذا لم تتم معالجة هذا الماء قبل التخلص منه فإنه قد يؤدى إلى تلوث البيئة. ولكن من حسن الحظ أن الـ pH ودرجة الحرارة المناسبتين للماء المستعمل فى تربية الأسماك يناسبان كذلك مزارع تقنية الغشاء المغذى، الأمر الذى قد يمكن معه استعمال هذه المياه فى تلك المزارع دونما حاجة إلى معالجتها قبل التخلص منها، بل إنه قد يمكن إعادة استعمالها من جديد فى مزارع الأسماك بعد تنقيتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى.

ولكى تتم عملية تنقية المياه بصورة سليمة يجب أن يُضخ الماء لمرة واحدة فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بمعدل ثابت ليلاً ونهارًا، وهو ما يتطلب وجود تلك المزارع مجاورة للمزارع السمكية وبمساحات تتناسب مع كمية المياه الناتجة من المزارع السمكية والتى يُراد معالجتها. وقد يتطلب الأمر زيادة مساحة مزارع تقنية الغشاء المغذى شتاءً، نظرًا لبطء النمو النباتى خلال فترة انخفاض درجة الحرارة شتاءً، وقلة حاجة النبتات إلى الماء آنذاك.

وقد أثبتت دراسات McMurtry وآخرون (١٩٩٣) التى جمعوا فيها بين مزارع الأسماك ومزارع الطماطم المائية (بتمرير مياه الأسماك على مزارع الطماطم فى نظام مغلق) أن النواتج الأيضية لكل كيلو جرام واحد زيادة فى النمو السمكى كانت كافية لتغذية

نباتين من الطماطم لمدة ثلاثة شهور. علمًا بأن الأسماك كانت تعطى غذاءً يحتوى على ٣٢٪ بروتينًا

كذلك قام Quilleré وآخرون (١٩٩٣) بالجمع بين السمك (من النوع *Oreochromis niloticus*)، والنباتات (الطماطم)، والبكتيريا (التى تقوم بتحليل براز السمك ليناسب النباتات) فى نظام بيئى واحد مغلق أمكن فيه التوفير فى مياه تربية الأسماك، وتوفير الأسمدة اللازمة للنمو النباتى، وتجنب التلوث البيئى. وقد زود النظام بالبكتيريا من خلال فلتر حبيبى احتوى على البكتيريا المرغوبة، ووضع بين حوض تربية السمك ومزرعة الطماطم. وكانت نتائج هذه الدراسة مرضية؛ حيث ثبت مستوى المركبات النيتروجينة — خاصة النترات — فى مياه تربية الأسماك عند مستوى منخفض، فى الوقت الذى تكوّن فيه نمو نباتى جيد.

العيوب

من أهم عيوب تقنية الغشاء المغذى ما يلى:

١- سرعة انتشار الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور، ولكن يفترض دائمًا اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول الأمراض إلى المزرعة، خاصة أنها تكون فى البداية خالية تمامًا منها.

٢- احتمال إصابة قاعدة ساق النبات بما يشبه الاحتراق؛ نتيجة تراكم الملح على قاعدة النبات بالقرب من مكان تلامس الساق مع غشاء المحلول المغذى. ولا يحدث ذلك إلا إذا كان المحلول راكدًا فى هذه المنطقة (وهو الأمر الذى يحدث إن كان بها انخفاض)، أو إن كان غشاء المحلول المغذى أكبر سمكًا من اللازم. وتعالج هذه المشكلة بالاهتمام بهندسة النظام لضمان تدفق المحلول المغذى فى غشاء بالسمك المناسب.

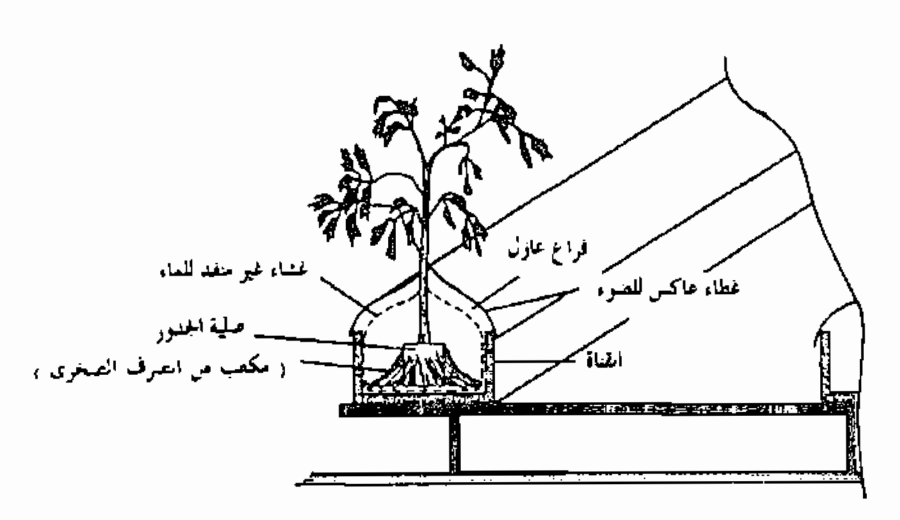
٣- احتمال توقف مضخة المحلول المغذى عن العمل؛ إما بسبب انقطاع التيار الكهربائى، وإما بسبب خلل بالمضخة ذاتها. ويتطلب ذلك توفر مولد كهربائى يعمل

تلقائيًا عند انقطاع التيار الكهربائي، وتواجد مضختين تعملان بالتبادل لتأمين استمرار ضخ المحلول المغذى في حالة تعطل إحداهما عن العمل

٤- الحاجة إلى أفراد ذوى مستوى عال من الخبرة والكفاءة لإدارة هذه المزارع

تصميم مزارع تقنية الغشاء المغذى

يتم أولاً إعداد قنوات مستوية تماما وخالية من أية تعرجات، وتوضع على أرضية من الأسمنت تميل بمقدار ١٪. وتصنع هذه القنوات من الخشب، أو البلاستيك، أو المعدن، أو الأسمنت (شكل ٦-٣) وترجع أهمية استواء القنوات إلى عدم إعطاء أية فرصة لتوقف المحلول المغذى بأية انخفاضات قد توجد بها، نظرًا لأن البقع الراكدة تصبح خالية من الأكسجين بعد فترة قصيرة من تنفس الجذور.



شكل (٦-٣): قناة تقنية الغشاء المغذى، وقد بطنت بالبوليثيلين

يبلغ عرض القنوات - عادة - ٢٣ سم، وارتفاعها ٥ سم في مزارع الطماطم والخيار. أما طولها، فيجب ألا يزيد على ٣٠-٤٠ مترًا كحد أقصى، ويجب أن تكون غير منفذة للماء وفي حالة صنعها من مواد منفذة للماء، فإنه يلزم تبطينها بغشاء بلاستيكي وفي هذه الحالة يجب أن يكون الغشاء عريضًا بالقدر الذى يكفي

لتغطية قمة القناة ومكعبات إكثار الشتلات. ويستعمل لذلك الغرض غشاء بلاستيكى بسمك ١٣٠ ميكرونًا على الأقل؛ لأن الأغشية الأقل سمكًا من ذلك يمكن أن تلتصق بها الجذور وتتشابك؛ مما يجعل المحلول المغذى يمر من حول الجذور، بدلاً من أن يمر من خلالها. أما القنوات التى تصنع من مواد غير منفذة للماء، فإنها لا تحتاج إلى تبطين، ولكنها تحتاج إلى غطاء، وقد يكون هذا الغطاء من البلاستيك أو أية مادة غير صلبة.

وترجع أهمية أغطية القنوات إلى كونها:

١- تمنع فقد الماء بالتبخر.

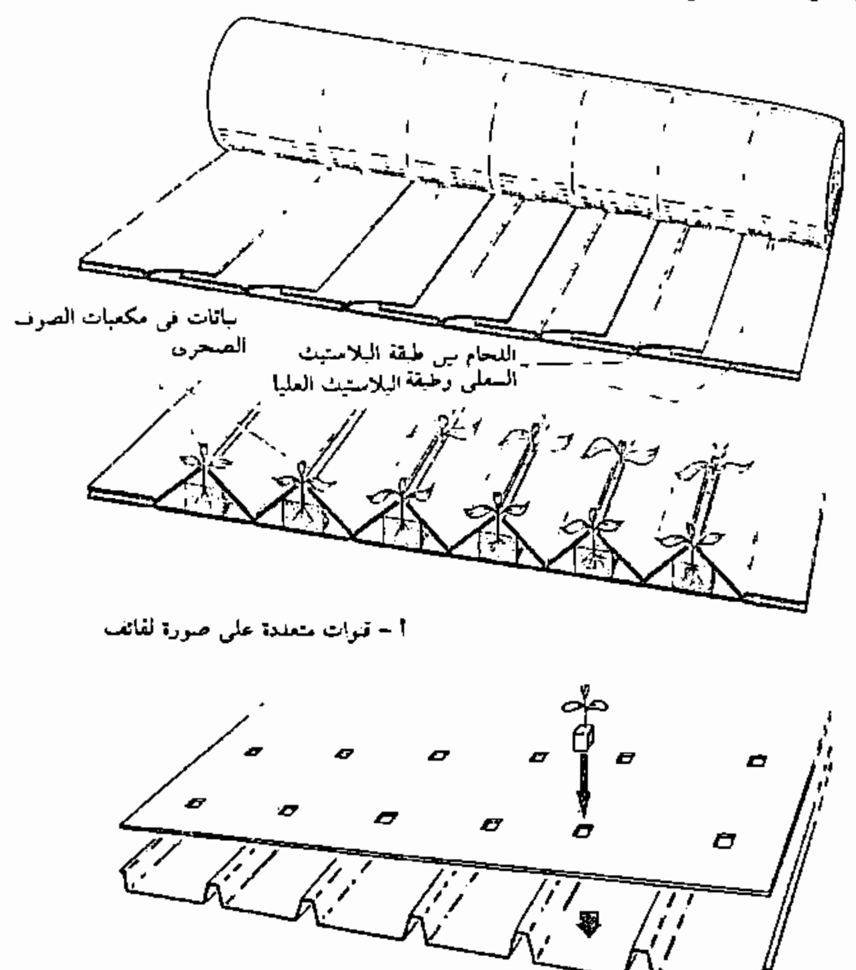
٢- تحجب الضوء عن القنوات؛ فتمنع بذلك نمو الطحالب التى تمتص الغذاء وتؤدى إلى بطء انسياب غشاء المحلول المغذى.

٣- تساعد على التحكم فى درجة حرارة الجذور.

ومن المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون؛ لتقليل اكتساب الحرارة، وللعمل على عكس الضوء وتشتيته حول النباتات التى قد تكون بحاجة إليه فى المناطق والظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة. هذا .. بينما يؤدى الغطاء الأسود إلى رفع درجة حرارة الهواء كثيرًا داخل القنوات فى الأيام الحارة صيفًا إلى القدر الذى قد يضر بالجذور. أما الغطاء البلاستيكى الأبيض فإنه لا يحجب الضوء بالقدر الكافى؛ وعليه .. فإن الغشاء البلاستيكى المستعمل فى تغطية القنوات يكون ذا لون أسود من الداخل وأبيض من الخارج. وقد تستعمل فى المناطق الشديدة الحرارة أغطية للقنوات عازلة للحرارة تتكون من غشاءين من البلاستيك بينهما مسافة من الهواء الساكن. هذا .. وتتوفر بالأسواق لفائف بوليثيلين جاهزة للاستعمال فى تقنية الغشاء المغذى (شكل ٦-٤أ). كما تتوفر قنوات متعددة غير مطوية (شكل ٦-٤ب).

وأيًا كانت المواد المستخدمة فى تبطين أو تغطية القنوات، فإنها يجب ألا تكون سامة للنباتات، ويعرف هذا التسمم باسم "Phytotoxicity"، وهو قد يكون شديدًا للغاية

ويؤدى إلى سرعة تدهور النباتات وموتها، أو أقل تأثيرًا، حيث تعانى النباتات ضعف النمو بدرجات متفاوتة.



أ - قنوات متعددة على صورة لفائف

ب - قنوات متعددة جامدة غير مطوية

شكل (٦-٤) قنوات مزارع تقنية الغشاء المغذى الجاهزة التحضير على صورة لفائف يتم فردها Flexble(أ)، وأخرى غير مطوية Rigid (ب).

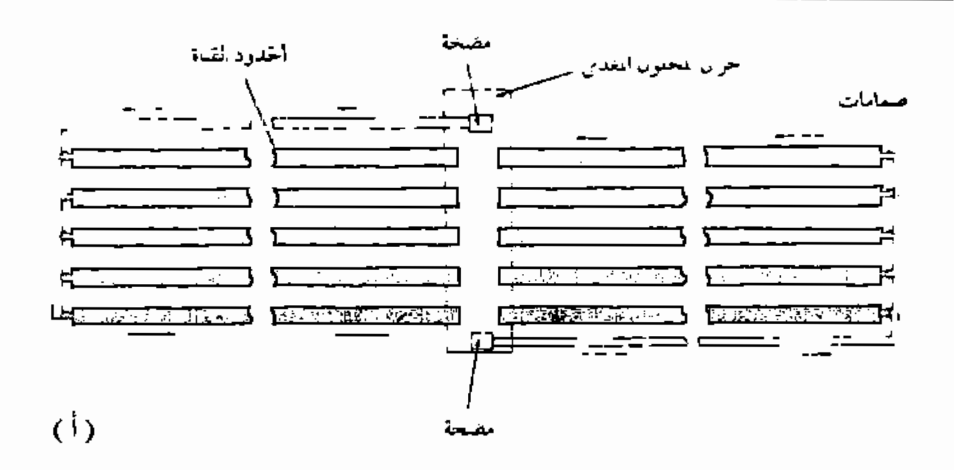
ومن المواد المأمونة الاستعمال فى تبطين القنوات وتغطيتها البوليثيلين، والبولى

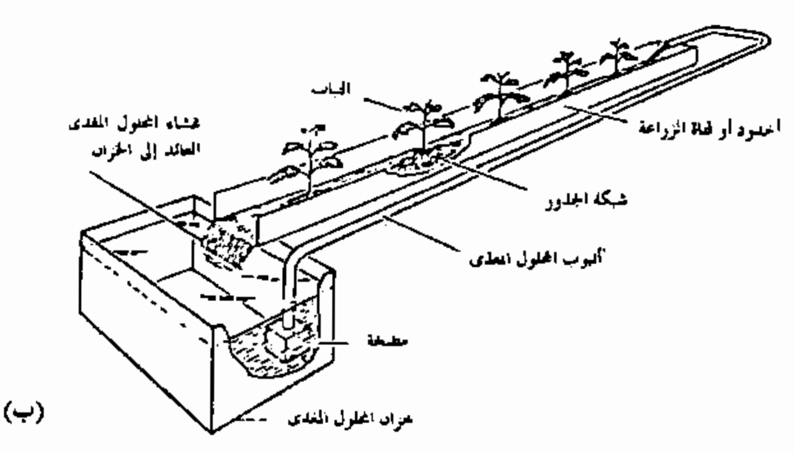
بـروبلين والــ Acrylonitrile Butadine Styrene (اختـصارًا: ABS)، والبـولى فينايـل كلورايد الجامد Rigid PVC

ومن المواد التى أحدث استعمالها تسممًا للنباتات: البولى فينايل كلورايـد المـرن Flexible PVC، والمطاط كما يجب تجنب استعمال المعادن التى تحتـوى علـى عناصـر دقيقـة؛ مثـل النحاس، والزنك، حتى لا تتراكم بتركيزات عالية سـامة فى المحلول المغذى.

يتجمع المحلول المغذى بالجاذبية الأرضية فى خزان يوضع فى نهاية القنوات، ثـم يعـاد ضخه من الخزان إلى قناة رئيسية تكون متعامدة علـى النهايـات العلويـة للقنـوات، وتزودهـا بالمحلول من خلال أنابيب رفيعة أو صمامات خاصة (شكل ٦-٥). ويتم ضـبط معـدل تـدفق المحلول المغذى بحيث يكون على صورة غشاء بسمك ٣ مم على امتداد قاع القناة؛ لأن زيـادة سمكه عن ذلك تؤدى إلى حجب الأكسجين عن الجذور. ولتحقيق ذلك يفضل أن يكون معدل تدفق المحلول المغذى حوالى لترين/دقيقـة بكـل قنـاة. ويـستمر تـدفق المحلـول طـول الوقـت أحيانًا. أو لمدة ١٠ دقائق كل ١٥ دقيقة فى أحيان أخرى. هذا .. وتخدم كل مضخة مـساحة من المزرعة تـتراوح بـين ١٩٠٠-٢٠٠٠ مـتر مربـع (Wittwer & Honma ١٩٧٩، و Nelson ١٩٨٥. ومجلة الزراعة فى الشرق الأوسـط - العدد الرابع ١٩٨٥).

إن معدل تدفق المحاليل المغذية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى لهو من الأهميـة بمكـان نظرًا لأن ما يتبقى منه بالقنوات يكون قليلاً جدًّا بعد توقف المضخة، وخاصة فـى المراحـل الأولى للمزرعة - حيث يقل ما يتبقى من المحلول عالقًا بالجـذور - ثم بعـد ذلـك عنـدما يبدأ النمو الجذرى الغزير فـى ملء قـاع القنـوات أو الأنابيـب ويحـد مـن تـدفق المحلـول وانصرافه. وفى هـذا الوقـت تكـون الجـذور حـساسـة لأضـرار الغـدق إذا مـا ظلـت مغمـورة بالمحلول ولو لفترات قصيرة.





شكل (٦-٥) (أ) - تصميم مزرعة تقنية الغشاء المغذى، ب- التصور العام لكيفية تصميم قناة الزراعة فى تقنية الغشاء المغذى، وحركة المحلول المغذى على شكل غشاء رقيق فيها

ولذا . يتعين التحكم فى معدل التدفق، وفى دورات عمل وتوقف المضخات خلال موسم النمو لتجنب الأضرار المحتملة وعادة يكون معدل التدفق فى أنظمة أنابيب الـ PVC حوالى ٥ ،٠-٧٥ ، لتر فى الدقيقة لكل أنبوب خلال دورة التشغيل. ويجب التأكد من أن جميع الأنابيب بالبيت المحمى الواحد تتلقى نفس التدفق للمحلول المغذى وإذا وجد اختلاف بينها فإن ذلك يكون دليلاً على عدم تجانس الضغط أو حدوث انسداد فى الأنابيب الموزّعة للمحلول المغذى

وفى بداية الموسم يتعين ضبط ساعة التشغيل (الـ timer) على ٩–١٠ دقائق تشغيل مع ٥–٦ دقائق توقف. ومع نمو المجموع الجذرى قد يحتاج الأمر إلى تعديل الساعة إلى ٨ دقائق تشغيل، و ٧ دقائق توقف للسماح بمزيد من الصرف. وإذا أصبح النمو الجذرى غزيرًا جدًا قد يحتاج الأمر إلى تعديل الساعة إلى ٥ دقائق تشغيل، و ١٠ دقائق توقف؛ لأجل تجنب تراكم المحلول المغذى فى نهايات الأنابيب.

إن تدفق المحلول المغذى من نهاية أنبوب الـ PVC يجب ألا يكون أكثر من مجرد التنقيط عندما تبدأ المضخة فى العمل فى بداية دورة التشغيل الجديدة. وفى معظم الحالات يفضل — عادة — التشغيل لمدة ٥ أو ٦ دقائق، مع التوقف لمدة ٩ أو ١٠ دقائق لتحقيق صرف مناسب. هذا .. علمًا بأن سوء الصرف يعنى تعرض الجذور لنقص فى الأكسجين المتاح لها، فتقل كفاءتها فى امتصاص الماء والعناصر، ثم ضعفها، وزيادة قابليتها للإصابة بالأمراض، وموتها.

وأهم وسائل تجنب مشكلة الغدق وسوء الصرف هى بإطالة فترة توقف المضخة فى كل دورة تشغيل، وخفض معدل التدفق إلى ٠,٥ لتر/دقيقة، وكذلك زيادة انحدار الأنابيب لجعل المحاليل أسرع تدفقًا فيها. وقد يتطلب الأمر تصميم النظام بطريقة تسمح بالتحكم فى زاوية انحدار الأنابيب خلال موسم النمو. هذا بالإضافة إلى أن الأنابيب يجب ألا يزيد طولها عن ٧,٥–٩ أمتار (Hochmuth ٢٠٠١أ).

وقد دُرس Evans-McLeod (١٩٩٣) تأثير استعمال محاليل مغذية تباينت فى التركيز الكلى للأملاح فيها بين ٠,٢، و ٢,٠ ملليموز/سم، بمعدلات تدفق تراوحت بين لترين، أو ١٢ لترًا/دقيقة على نمو عدة أصناف من الخس، ووجد أن تركيزات الأيونات الكلية العالية (١,٢–٢,٠ ملليموز/سم) ومعدلات التدفق المنخفضة إلى المتوسطة (لترين إلى ستة لترات/دقيقة) أعطت أفضل النتائج.

ويذكر El-Behairy وآخرون (١٩٩١) أن ضخ المحلول المغذى على فترات (لمدة ١٥ دقيقة كلما تجمع ٠,٣ ميجاجول MJ من الأشعة القصيرة الموجة/م^{2} داخل الصوبة) فى

مزرعة الطماطم أدى إلى زيادة كفاءة استخدام الماء، وزيادة المحصول المبكر، ونقص النمو الجذرى، دون التأثير جوهريًا على المحصول الكلى، مقارنة بضخ المحلول المغذى بشكل عادى على صورة غشاء مستمر.

كذلك وجد Economakis (١٩٩٣) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٢°م مع ضخه على فترات (لمدة ١٥ دقيقة متواصلة في كل نصف ساعة أو ساعة) أدت إلى زيادة محصول الطماطم المبكر خلال الشهر الأول من الحصاد، ولكن تلك المعاملة أدت إلى نقص المحصول الكلى مقارنة بمعاملة التدفق المستمر للمحلول المغذى مع عدم تدفئته.

المحاليل المغذية وخدمتها

تحضير المحاليل المغذية

اقترح A. Cooper استعمال المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٦-١)، والذى يبلغ تركيز مختلف العناصر به كما فى جدول (٦-٢). وقد استعمله Cooper مع أكثر من ٥٠ نوعًا من الخضر ونباتات الزينة لمدة ثلاث سنوات دون أية مشاكل. هذا .. وتتوفر تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى، وتباع — عادة — فى مخلوطين منفصلين يضاف كل منهما منفردًا إلى خزان المحلول لمنع ترسب الأملاح. وفيما عدا ذلك .. فإن المحاليل المستعملة فى تقنية الغشاء المغذى لا تخرج فى جوهرها عما سبق بيانه فى الفصل الرابع.

وعمليًا يفضل تحضير محلولين قياسيين مركزين، يحتوى أحدهما على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى فقط، بينما يحتوى الثانى على جميع الأملاح الأخرى المبينة فى جدول (٦-١) ويجرى ذلك بإذابة عشرة أمثال الكميات الموضحة من كل ملح سمادى فى جدول (٦-١) فى ٤٥ لترًا من الماء لكل محلول قياسى مركز فمثلاً .. يلزم لتحضير المحلول الأول ١٠٠٣ جرامًا من نترات الكالسيوم، و ٧٩ جرامًا من الحديد المخلبى تُذاب فى ٤٥ لترًا من الماء .. وهكذا بالنسبة للمحلول القياسى المركز الثانى،

مع أخذ نسبة نقاوة كل ملح فى الحسبان؛ لأن الكميات الموضحة فى جدول (٦-١) حسبت على أساس أن نسبة النقاوة ١٠٠٪.

جدول (٦-١): كميات الأملاح اللازمة لتحضير المحلول المغذى المثالى لمزارع تقنية الغشاء المغذى.

المركب	التركيب الكيميائى	الكمية اللازمة بالجرام/١٠٠٠ لتر
فوسفات البوتاسيوم ثنائى الأيدروجين Potassium dihdrogen phosphate	KH_2PO_4	٢٦٣
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	١٠٠٣
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٥١٣
الحديد المخلبى EDTA iron	$[CH_2N(CH_2.COO)_2)]_2FeNa$	٧٩
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4.H_2O$	٦,١
حامض البوريك	H_2BO_3	١,٧
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٠,٣٩
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	٠,٣٧
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٠,٤٤

جدول (٦-٢): التركيزات المناسبة للعناصر فى المحاليل المغذية التى تستعمل فى تقنية الغشاء المغذى.

العنصر	الرمز	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	N	٢٠٠
الفوسفور	P	٦٠
البوتاسيوم	K	٣٠٠
الكالسيوم	Ca	١٧٠
المغنيسيوم	Mg	٥٠

تابع جدول (٦-٢)

العنصر	الرمز	التركيز (جزء فى المليون)
الحديد	Fe	١٢
المنجنيز	Mn	٢
البورون	B	٠,٣
النحاس	Cu	٠,١
الموليبدنم	Mo	٠,٢
الزنك	Zn	٠,١

ونظرًا لأن تركيز الأملاح فى المحلولين القياسيين المركزين يبلغ ١٠ أمثال التركيز المطلوب فى المحلول المغذى، لذا . فإن المحلول المغذى يحضر بإضافة المحلولين القياسيين المركزين إلى الماء بمعدل ٤,٥ لترًا من كل منهما لكل ١٠٠٠ لتر من الماء.

ولتجنب حدوث أية ترسبات يتعين بداية — إذ لزم الأمر — تعديل pH الماء المستخدم فى تحضير المحلول إلى ٦٫٠، ثم إضافة محلول نترات الكالسيوم مع الحديد المخلبى والانتظار لفترة (مع تشغيل طلمبة تقليب الماء)، لحين اكتمال خلط المحلول المركز مع الماء، ثم إضافة المحلول القياسى المركز الثانى، واستمرار التقليب لفترة أخرى قصيرة.

تجدر الإشارة إلى أن كل النيتروجين المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية للمزارع المائية (مثل تقنية الغشاء المغذى) يجب أن يكون فى صورة نتراتية، ويرجع ذلك إلى أن استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين يؤدى إلى تحليق سيقان نباتات الطماطم أعلى مستوى سطح المحلول المغذى مباشرة، حيث تظهر الأنسجة الخارجية للساق عند هذه النقطة وقد تحللت وأخذت لونًا بنيًا، وعلى الرغم من أن سيقان النباتات البالغة تكون أكثر تحملاً للنيتروجين الأمونيومى، إلا أنه يضر جذورها بشدة. وحتى لو خفضت نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى ٢٠٪ من النيتروجين الكلى فإن نباتات الطماطم الصغيرة تذبل قليلاً خلال الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة.

ويتعين مع ذلك إلقاء مزيد من الضوء على هذه الظاهرة فى المناطق التى تكون مياهها قلوية، والتى يناسبها استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين، لتجنب الارتفاع الشديد فى pH المحلول المغذى، خاصة وأن ظاهرة التحليق التى أسلفنا بيانها لم تُشاهَدْ على المحاصيل الأخرى غير الطماطم. كما يجب – مع الطماطم – تحديد أعلى نسبة من النيتروجين الأمونيومى يمكن استخدامها بأمان مع كل مرحلة من مراحل نمو النباتات.

ويستدل من الدراسات التى أجريت فى اليابان (عن Etoh ١٩٩٤) على أن معظم الخضروات تعطى نموًا ممتازًا عندما تكون النترات هى المصدر الوحيد للنيتروجين فى المحاليل المغذية، بعكس ما إن كانت الأمونيا هى المصدر الوحيد للنيتروجين. وقد تأثر مدى سمية الأمونيوم على النباتات بكل من المحلول المغذى وتركيز الأمونيوم فيه. وأدت إضافة كميات قليلة من النترات إلى الحد من سمية الأمونيوم، وتحسن النمو النباتى باستعمال مخلوط من النترات والأمونيوم. وكان أيون الأمونيوم أفضل للنمو النباتى من أيون النترات تحت ظروف الإضاءة العالية والتركيزات المرتفعة من غاز ثانى أكسيد الكربون.

ويتبين من دراسات Jung وآخرين (١٩٩٤) على الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى : النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى من صفر : ١٠ إلى ٢ : ٨ أدت إلى نقص مساحة الأوراق الكلية ووزنها الجاف فى النباتات التى عرضت للإشعاع الشمسى القوى، كما كان ذلك مصاحبًا بنقص فى معدل البناء الضوئى، ولكن حدث العكس فى النباتات التى عُرِّضت لتظليل جزئى؛ ولذا .. أوصى الباحثون باستعمال نيتروجين نتراتى فقط – عند التغذية بالمحاليل المغذية – فى ظروف الإضاءة القوية، واستعمال نسبة ١ : ٩ أو ٢ : ٨ نيتروجينًا أمونيومًّا : نيتروجينًا نتراتيًا فى ظروف الإضاءة الضعيفة.

خدمة المحاليل المغذية

تستعمل المحاليل المغذية – عادة – لمدة أسبوعين، ثم يستغنى عنها وتحضر محاليل جديدة، وقد تستعمل لمدة أطول من ذلك. وفى كل الحالات يلزم تعويض الماء المفقود بالنتح يوميًا، حتى يظل حجم المحلول ثابتًا. ويمكن أن يتم ذلك بأن يركب

على مصدر الماء الذى يصب فى خزان المحلول صمام يفتح ويغلق آليًا بواسطة عوامة خاصة

المحافظة على pH المحلول المغذى فى المجال المناسب

سواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدة أطول من ذلك، فإنه يلزم اختباره يوميًا لتقدير الـ pH، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) فالـ pH يجب أن يظل دائمًا فى حدود ٦–٦,٥، ويعدل عند الضرورة بإضافة أيدروكسيد البوتاسيوم فى حالة انخفاض الـ pH عن ٦، أو حامض الكبريتيك عند ارتفاعه عن ٦.٥

وقد وجد أن بالإمكان استخدام حامض الأيدروكلوريك بدلاً من أى من حامضى النيتريك أو الفوسفوريك فى خفض pH المحلول المغذى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى التى يرتفع فيها pH المحلول المغذى مع استمرار استعماله، علمًا بأن حامض الأيدروكلوريك أرخص سعرًا، ولم تكن له تأثيرات سلبية على كمية محصول الطماطم وجودة ثمارها عندما استعمل لهذا الغرض (Papadopoulos & Pararajasingham ١٩٩٨)

المحافظة على التركيز المناسب للعناصر المغذية والأملاح بالمحلول المغذى

إن درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى المقترح استعماله (جدول ٦–١) تقدر بنحو ٣ ملليموز، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى ٢ ملليموز لزمت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى ٣ ملليموز، ويمكن أن يتم ذلك كله آليًا.

وتجدر الإشارة — فى هذا المقام — إلى أن النباتات يناسبها مدى واسع للغاية من تركيز العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، فبالنسبة للطماطم — مثلاً — لم يختلف النمو النباتى، والمحصول، أو حتى امتصاص العناصر عندما تراوح مدى النيتروجين بين ١٠ أجزاء فى المليون و ٣٢٠ جزءا فى المليون، ومدى الفوسفور بين ٥ أجزاء فى المليون و ٢٠٠ جزءًا فى المليون، ومدى البوتاسيوم بين ٢٠ جزءًا فى المليون و ٣٧٥ جزءًا فى

المليون. ويرجع ذلك إلى أن المحلول المغذى يتدفق باستمرار حول الجذور، ولا تعانى النباتات مشكلة نقص العناصر أو زيادة تركيزها؛ ولذا .. كان مجرد قياس درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى كافيًا للتعرف على محتواه من العناصر المغذية.

وقد أوضحت دراسات Schacht & Schenk (١٩٩٥) على الخيار – فى مزرعة مائية مغلقة – أن النسبة ظلت ثابتة بين معدل امتصاص النباتات للنيتروجين ومعدل امتصاصها من كل من الفوسفور والبوتاسيوم خلال مختلف مراحل النمو؛ الأمر الذى يمكن معه الاستدلال على معدل استنفاذ العناصر من المحلول المغذى بقياس مدى استنفاذ النيتروجين منه على فترات.

وقد قورنت طريقتان لتعديل المحلول المغذى للكنتالوب فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، هما: بتعديل درجة التوصيل الكهربائى (EC) للمحلول، وبإضافة العناصر المغذية، وذلك تأسيسًا على معرفة مسبقة بالاحتياجات الأسبوعية للمحصول من كل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، دون أى محاولة للمحافظة على قيمة ثابتة لتركيز المحلول المغذى أو درجة توصيله الكهربائى. وقد تبين عدم وجود أى فرق بين الطريقتين على المحصول أو جودة الثمار، إلاّ أن الطريقة الثانية قللت من استهلاك المحصول من كل من الماء والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بنسبة ٤٠٪–٦٠٪ مقارنة بطريقة ضبط درجة التوصيل الكهربائى (Pardossi وآخرون ٢٠٠٢).

وجد أن إضافة الحجر الرخامى السُّماقى quartz porphyry للمحلول المغذى أدت إلى خفض التأثيرات الضارة لكل من أيونات الصوديوم، والكلوريد، والنيتريت، والكبريتات بخفضه لتركيزاتها فى المحلول المغذى (Azad وآخرون ٢٠١٠).

المحافظة على مستوى مناسب من الأكسجين فى المحاليل المغذية

يعد الأكسجين عنصرًا ضروريًا لعمل الجذور بكفاءة. ولذا .. يجب أن تكون المحاليل المغذية قادرة على مد الجذور بالأكسجين، أو أن تُعدل دورة تشغيل وإيقاف مضخة ضخ المحلول المغذى بحيث تُزود الجذور باحتياجاتها من الغاز. ويجب عدم السماح بغمر نسبه

تزيد عن ۱/ إلى ۲/ المجموع الجذرى – فى مزارع تقنية الغشاء المغذى – بالمحلول المغذى أثناء دورة تشغيل المضخة كما يجب فحص الجذور بانتظام لتحديد ما إذا كانت هناك تهوية مناسبة من عدمه ومن مشاكل تقنية الغشاء المغذى أن كتلة النمو الجذرى تكون – عادة – سطحية ولا يزيد سمكها عن ١.٢٥–٢.٥ سم، الأمر الذى يجعل من الصعوبة الالتزام بقاعدة عدم غمر ٣٣٪–٥٠٪ من النمو الجذرى بالمحلول المغذى.

وللمساعدة فى تحسين تهوية المحلول المغذى يجب أن يكون المحلول المتجمع فى خزان المحلول المنصرف مهوى جيدا ولتحقيق ذلك يجب إمرار المحلول المنصرف عند دخوله خزان التجميع – على حاجز مثقب يقوم بنشره قبل سقوطه فى الخزان، حيث يبقى معرض للهواء لفترة أطول كما يمكن تهوية المحلول المتجمع من خلال أنابيب PVC بسمك نصف بوصة مثقبة ومسدودة من طرفها الذى يغمر فى قاع خزان تجميع المحلول المغذى المنصرف، ويدفع فيها الهواء النظيف المرشح (غير الملوث) بواسطة مضخة (Hochmuth ٢٠٠١أ)

وعموما فإن توفر الأكسجين اللازم لتنفس الجذور لا يقل فى تقنية الغشاء المغذى عما فى الأراضى الجيدة الصرف، لأن المحلول المغذى يتعرض دائمًا للهواء، كما أنه يتدفق ويختلط بالهواء فى أماكن تساقط المحلول فى الخزان وفى الغشاء المغذى الذى ينحدر قليلاً على امتداد قاع القناة.

وبينما نجد أن الأكسجين يصل إلى جذور النباتات النامية فى التربة مباشرة من فراغات التربة المملوءة بالهواء، فإنه يصل إلى جذور النباتات النامية فى المحلول المغذى مع تيار المحلول المحتوى على الأكسجين الذائب؛ وعليه . فإن المحلول المغذى يجب أن يتحرك بحرية حول الجذور، حتى يمدها بحاجاتها من الغاز فإذا توقفت حركة المحلول بين تفرعات الجذور الكثيفة، فإن الأكسجين يقل كثيرًا حولها، بينما يزداد تركيز الغازات الناتجة من نشاط وتنفس الجذور، مثل ثانى أكسيد الكربون، والإثيلين، وأكسيد ثنائى النيتروجين dinitrogen oxide.

وقد وجد بالفعل أن الأصص المحتوية على بيئات قوامها البيت والرمل، والتي استخدمت في تثبيت النباتات في تقنية الغشاء المغذى كانت سيئة التهوية، وقل فيها كثيرًا تركيز الأكسجين. وقد أدى استبدال هذه البيئات بأخرى غير عضوية أكثر مسامية — مثل البرليت. أو الصوف الصخرى — إلى التخلص تمامًا تقريبًا من أعراض سوء التهوية (Jackson وآخرون ١٩٨٤).

وعلى الرغم من أن كثافة النمو الجذرى في مجرى القناة قد تحول دون سرعة انسياب المحلول المغذى من خلالها؛ مما يؤدى إلى حدوث نقص في الأكسجين في المحلول الموجود في المنطقة المحيطة بالجذور مباشرة، إلا أن وجود المحلول المغذى على صورة غشاء — لا يزيد سمكه على ٣ مم — يجعل معظم الجذور معرضة دائمًا للهواء، ولذلك تحصل منه على حاجتها من الأكسجين؛ ولذا .. فإن وجود المحلول المغذى على صورة غشاءٍ بهذا السمك يعد شرطًا أساسيًا لنمو النباتات بصورة طبيعية في هذه النوعية من المزارع؛ فبدون توفر هذا الشرط يكون الأكسجين الذائب في المحلول المغذى هو المصدر الوحيد للأكسجين اللازم لتنفس الجذور، وبينما تحصل عليه النباتات التي في بداية خط الزراعة، فإن باقى النباتات في الخط تعانى نقص الغاز.

خدمة نظام تقنية الغشاء المغذى

لتأمين تواجد المحلول في صورة غشاء رقيق تتعين مراعاة ما يلى:

١- أن يكون قاع القناة المنحدرة خاليًا تمامًا من أية انخفاضات — ولو لعدة ملليمترات — حتى لا يَرْكد فيها جزء من المحلول المغذى.

٢- أن يكون معدل ضخ المحلول المغذى في القناة معتدلاً؛ حتى لا تؤدى سرعة تدفقه إلى تواجده بعمق كبير غير مناسب.

٣- ألا تكون القنوات ضيقة أكثر من اللازم؛ حتى لا تنحصر فيها الجذور بصورة تعوق تدفق المحلول المغذى.

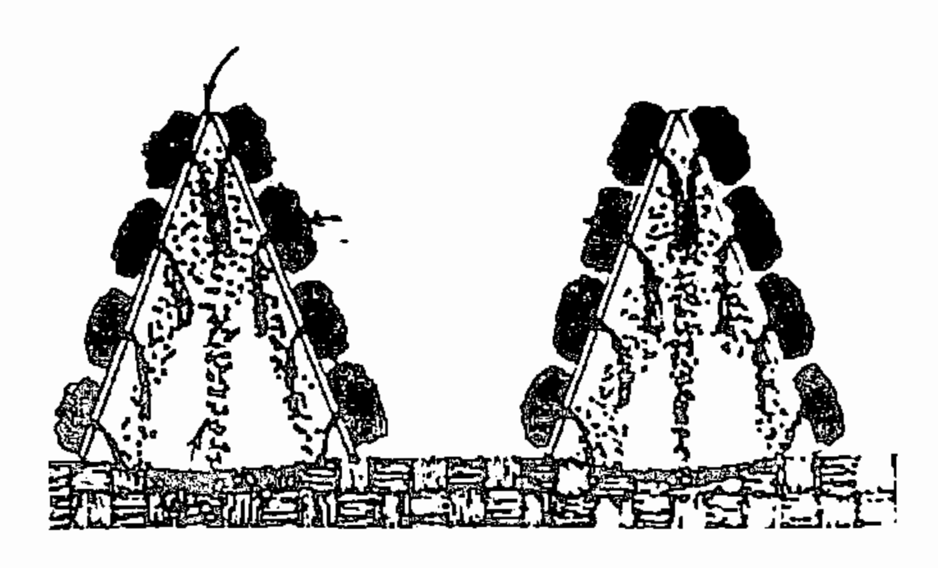
٤- أن تكون قاعدة القناة مستوية وليست مقوسة؛ حتى لا يتواجد المحلول المغذى بعمق زائد فى منتصف القناة

ويلزم قبل تغيير المحاليل المغذية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى غسيل خزانات تجميع المحلول المغذى والتخلص مما قد يوجد بها من مادة عضوية وجذور نباتية ويتم الغسيل فى نهاية اليوم بتفريغها مما قد يكون فيها من محلول مغذٍ، ثم ملئها بماء عُدِّل فيه الـ pH إلى ٨ ٥-٠ ٦ وأضيف إليه الكالسيوم بتركيز ٢٥-٥٠ جزءًا فى المليون، مع تمريره فى المزرعة خلال الليل بنفس دورة التشغيل المستعملة مع المحلول ويستدف الكالسيوم لأجل المحافظة على قمة الجذور سليمة أثناء عملية الغسيل وفى الصباح الباكر يفرغ التنك ويملأ من جديد بمحلول غذائى كامل كالمستعمل فى تانك المحلول الغذائى القياسى

هذا . وليس من الضرورى ترشيح المحاليل المغذية المستعملة فى نظام تقنية الغشاء المغذى؛ نظرًا لأن خزان تجميع المحلول (sump tank) يتم شطفه أسبوعيًا وغالبًا ما تتجمع فيه بعض النموات الطحلبية وبعض الجذور النباتية، إلا أنه يتم التخلص منها بعملية الشطف كما يجب وضع شبكة حول مكان سحب المحلول المغذى المتجمع حتى لا تدخل المواد الصلبة — مثل الأوراق والجذور — فى مضخة السحب (عن Hochmuth ٢٠٠١أ)

المزارع الهوائية

تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقة فى حيز مغلق، مع تعريضها بصورة منتظمة للمحلول المغذى فى صورة رذاذ (مست)؛ وبذلك تحصل النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور التى تبقى فى هواء تبلغ رطوبته النسبية ١٠٠٪ ويحقق هذا النظام أكبر استفادة ممكنة من المساحة المتوفرة من البيوت المحمية، نظرًا لأن النباتات تثبت فى ثقوب على جانبى هيكل على شكل حرف A (شكل ٦-٦)



شكل (٦-٦): مقطع فى مزرعة هوائية تزرع فيها النباتات على جانبى هياكل بشكل حرف A، وتروى بضخ المحلول المغذى على جذورها فى صورة رذاذ (مست).

توفر المزارع الهوائية أفضل تهوية ممكنة للجذور، علمًا بأن النسبة الطبيعية للأكسجين فى الهواء الجوى (٢٠٪) هى أفضل نسبة للنمو النباتى. ففى دراسة أجراها Yand & Yang (١٩٩١) على الطماطم فى مزرعة هوائية، عُرِّضت فيها الجذور للأكسجين بنسبة ١٠٪ أو ٢٠٪، أو ٣٠٪، أو ٤٠٪، كان أفضل نمو خضرى عندما عرضت الجذور لـ ٢٠٪ أو ٣٠٪ أوكسجينًا، علمًا بأن معدل البناء الضوئى تضاعف فى هذه الظروف مقارنة بمعاملة تعريض الجذور لنسبة ١٠٪ أو ٤٠٪ أوكسجينًا، كما تأثر النمو الجذرى سلبيًا بمعاملة التعريض لـ ٤٠٪ أوكسجينًا.

وتناسب المزارع الهوائية محصول الخس إلى حد كبير مقارنة بالمزارع المائية. فمثلاً .. وجد Ha وآخرون (١٩٩٣) أن الوزن الطازج والجاف للأوراق فى مزرعة هوائية كان أكثر من ضعف وزنها فى مزرعة مائية، وازداد الفارق بينهما عندما استعملت تركيزات مخففة من المحلول المغذى — وصلت إلى ربع التركيز العادى — حيث بلغ الوزن الطازج للأوراق فى المزرعة الهوائية أكثر من أربعة أمثال وزنها فى المزرعة المائية.



الفصل السابع

أساسيات إنتاج الخضر فى البيوت المحمية

نلقى الضوء فى هذا الفصل على جوانب أساسيات إنتاج الخضر التى تتعلق بالزراعات المحمية. ويمكن لمن يرغب فى الإطلاع على مزيد من التفاصيل عن الأسس العامة لإنتاج الخضر الرجوع إلى كتابىْ "أساسيات وفسيولوجيا الخضر" (١٩٩٧أ)، و "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (١٩٩٧ب) للمؤلف.

الاحتياجات البيئية

إن أهم ما تتميز به الزراعات المحمية هو إمكانية التحكم البيئى فيها؛ بما يسمح بإنتاج الخضر فى غير مواسمها، مع توفير أكثر الظروف ملاءمة لنمو وتطور النباتات (موضوع الفصل الثالث). ويبين جدول (٧–١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لمختلف مراحل النمو فى أهم محاصيل الزراعات المحمية.

جدول (٧–١): درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لمختلف مراحل النمو ف أهم محاصيل الزراعات المحمية (عن مشروع الزراعة المحمية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٨٩).

مرحلة النمو	الطماطم	الخيار	القاوون	الفلفل	الباذنجان	الفاصوليا
الفترة من زراعة البذرة إلى						
بداية الحصاد (يوم)	١٢٠–١١٠	٦٠–٥٠	١٢٥–١١٥	١٢٠–١١٠	١٢٠–١٠٠	٦٥–٥٥
مدة الحصاد (يوم)	١٥٠–١٢٠	١٣٠–١١٠	٧٥–٥٥	١٨٠–١٣٠	١٣٠–٧٠	٧٠–٥٠
الحرارة المناسبة لإنبات البذور (°م):						
الهواء	٢٠–١٨	٣٠–٢٥	٢٥–٢٢	٢٥–٢٢	٢٥–٢٢	٢٠–١٨
التربة	٢٥–٢٢	٣٠–٢٦	٢٧–٢٥	٣٠–٢٤	٣٠–٢٤	٢٢–٢٠

تابع جدول (٧-١)

مرحلة النمو	الطماطم	الخيار	القاوون	الفلفل	الباذنجان	الفاصوليا
الحرارة المناسبة للنمو الخضرى (°م)						
الهواء ليلاً	١٥-١٢	٢٠-١٨	١٦-١٣	١٦-١٤	١٨-١٦	١٨-١٦
الهواء نهارًا	٢٢-١٨	٣٠-١٥	٣٦-٢٥	٢٧-٢٣	٢٧-٢٣	٢٥-٢٠
التربة	١٨-١٥	٢٢-٢٠	٢٠-١٨	٢٠-١٨	٢٠-١٨	٢٠-١٨
الحرارة المناسبة للإزهار والعقد (°م)						
الهواء ليلاً	١٦-١٤	١٨-١٦	١٨-١٦	١٨-١٦	١٨-١٦	١٨-١٦
الهواء نهارًا	٢٨-٢٢	٣٠-٢٣	٣٠-٢٥	٢٧-٢٣	٢٧-٢٣	٢٥-٢٠
التربة	٢٠-١٦	٢٢-٢٠	٢٠-١٨	٢٠-١٨	٢٠-١٨	٢٠-١٨
الحرارة المنخفضة (°م) التى لا يتحملها						
المحصول لأكثر من ٦ ساعات	٤	٦	٥	٥	٥	٤
الحرارة الصغرى (°م) التى لا يتحملها						
المحصول لأكثر من ٥ أيام	٨	١٢	١١	١٠	١٠	٨
الرطوبة النسبية المناسبة (٪)	٦٥-٦٠	٨٥-٧٥	٦٠-٥٠	٧٠-٦٠	٧٠-٦٠	٧٠-٦٠

عمليات إعداد الأرض للزراعة

يتضمن تجهيز الصوبات للزراعة ما يلى:

١- التخلص من بقايا المحصول السابق.

٢- الحرث.

٣- التمشيط والتسوية

٤- التخلص من الأملاح المتراكمة من الزراعة السابقة بالغسيل بالماء.

٥- إضافة الأسمدة السابقة للزراعة، وهى تكون غالبًا فى الحدود التالية لكل صوبة مناسبة

٢م³ سبلة كتكوت

٥٠ كجم سوبر فوسفات.

٢٥ كجم سلفات نشادر.

٢٥ كجم سلفات البوتاسيوم.

٥ كجم سلفات مغنيسيوم.

٢٥ كجم كبريت زراعى.

٦- تعقيم التربة.

٧- إقامة المصاطب بارتفاع ٣٠ سم.

٨- فرد أنابيب الرى بالتنقيط واختبار النقاطات.

٩- تغطية المصاطب بالملش.

١٠- تخمير الأسمدة والمصاطب بالرى لمدة حوالى ٢٤ ساعة على ثلاثة أيام متتالية.

تأمين نظام جيد للصرف

يلزم – بداية – تأمين نظام صرف (بزل) جيد للصوبات قبل استخدامها فى الزراعة. وفى معظم الدول العربية تقام البيوت المحمية على أراضٍ رملية عالية المسامية والنفاذية؛ لا تحتاج إلى عمل نظام خاص للصرف فيها. ولكن عندما تكون تربة البيوت المحمية ضعيفة النفاذية، أو عندما يكون منسوب الماء الأرضى مرتفعًا، فإنه من الضرورى توفير نظام جيد للصرف، وأفضلها الصرف المغطى، ولكن يمكن إنشاء مصارف مكشوفة بين الصوبات ضمن شبكة مصارف المزرعة.

وفى مصر تعتمد ٨١٪ من الصوبات على الصرف الطبيعى، بينما يعتمد نحو ٥٪ منها على طريقة الصرف المغطى، و ٧٪ على مصارف خاصة مكشوفة، و ٧٪ على المصارف العمومية (عن مشروع الزراعة المحمية – مركز البحوث الزراعية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢).

غسيل الأملاح من التربة

تتبع طريقة الرى بالتنقيط غالبًا فى الزراعات المحمية. وتؤدى هذه الطريقة إلى

تراكم الأملاح على سطح التربة وعلى الرغم من أن تراكم الأملاح يكون بعيدًا عن منطقة نمو الجذور – طالما أن النقاطات تعمل بانتظام – إلا أن توقف الرى بعد انتهاء المحصول يتبعه تحرك أفقى للأملاح باتجاه النقاطات، كذلك فإن تغيير مسافة الزراعة أو موضع الجور "الحفر" فى الزراعة التالية يعنى احتمال وجود النباتات فى مناطق قد تركزت فيها الأملاح؛ ولهذا . فإنه من الضرورى فى الزراعة المحمية أن تغس التربة بكميات كبيرة من الماء قبل الزراعة؛ لإذابة الأملاح وإزاحتها عميقًا فى التربة. ويتطلب ذلك – بطبيعة الحال – توفر صرف جيد، وأن تكون التربة عالية النفاذية

يمكن إضافة المياه اللازمة لغسيل التربة عن طريق شبكة الرى بالتنقيط. وعلى الرغم من كفاءة هذه الطريقة فى إزاحة الأملاح بعيدًا عن الجذور . إلا أن جزءًا كبيرًا منها لا يغسل عميقًا فى التربة، وإنما يبقى على سطح التربة – أو قريبًا من سطح التربة – بين خطوط الرى بالتنقيط، ولذا .. يلزم عند إجراء الغسيل بهذه الطريقة أن تكون خطوط التنقيط فى مواقعها المحددة لها على خطوط الزراعة، التى تتم إقامتها بعد ذلك

ويعد الرى بالرش أفضل وسيلة لإضافة المياه اللازمة لغسيل التربة؛ حيث لا يلزم معها إعداد التربة إعدادًا خاصًا، كما أنها لا تؤدى إلى انجراف التربة، ولكن الرراعات المحمية لا تروى بطريقة الرش، ولا تكون البيوت المحمية مزودة – عادة – بشبكة للرى بالرش.

وغالبا . تتم إضافة المياه اللازمة لغسيل التربة بطريقة الغمر إما بعد تقسيم الصوبة إلى أحواض مساحتها ٢ × ٢م أو ٣ × ٣م، وإما بعد إقامة خطوط عميقة تتسع لكميات المياه المقرر إضافتها.

تروى الأرض ريًّا غزيرًا ثلاث ريات متتالية، وتتوقف كمية المياه المضافة والمدة بين الريات على طبيعة التربة؛ حيث تقدر بنحو ٠,١م^{3}/متر مربع من مساحة الصوبة كل ٤

أيام فى الأراضى الثقيلة، و ٠٧. م^{3}/متر مربع من مساحة الصوبة كل يومين فى الأراضى المتوسطة القوام، و ٠,٠٣م^{3}/متر مربع من مساحة الصوبة يوميًا فى الأراضى الخفيفة القوام؛ ويعنى ذلك أن كل ١٠٠م^{2} من مساحة الصوبة تحتاج إلى كمية إجمالية من ماء الغسيل (موزعة على ٣ ريات) تقدر بنحو ٣٠م^{3} فى الأراضى الثقيلة، و ٢١م^{3} فى الأراضى المتوسطة القوام. و ٩م^{3} فى الأراضى الخفيفة القوام (عن البلتاجى وآخرين ١٩٩١).

ويفضل إضافة الجبس الزراعى إلى التربة القلوية قبل الرية الأولى (مع خلطة بالطبقة السطحية من التربة) بمعدل ٢٠ كجم/١٠٠م٢ من مساحة الصوبة؛ وذلك بهدف خفض pH التربة.

ويراعى — بعد إجراء عملية الغسيل — عدم زيادة تركيز الأملاح فى التربة عن ٢ ٥ ملليموز/سم عند ٢٥°م فى حالة زراعة الخيار والمحاصيل الحساسة الأخرى؛ كالفراولة، والشمام، والقاوون، والفاصوليا، وألا تزيد على ٤,٥ ملليموز/سم فى حالة زراعة المحاصيل المتوسطة الحساسية للملوحة، مثل: الطماطم، والفلفل، والباذنجان.

الحراثة

لا تتطلب الأراضى الرملية — عادة — أكثر من خربشة التربة سطحيًا، ولكن الأراضى الثقيلة تتطلب حرثًا عميقًا. وقد تستعمل المحاريث القلابة، كم قد تستعمل محاريث تحت سطح التربة. وفى الحالة الأخيرة فإن الحراثة تتم قبل إقامة الصوبات.

وبعد الحراثة يسوى سطح التربة، كما تُكسَّر كتل التربة (القلاقيل) فى الأراضى الثقيلة؛ لتصبح مهدًا صالحًا للزراعة.

هذا وعلى خلاف ما يعتقده المزارعون، وجد من دراسة أجريت على ٨١ صوبة أن جودة التربة لم تتأثر سلبيًا بتكرار الزراعة فيها على مر الزمن (Knewtson وآخرون ٢٠١٠).

تعقيم التربة

يعتبر تعقيم التربة من العمليات الزراعية الأساسية فى الزراعات المحمية؛ نظرًا لأن تكرار زراعة الأرض بمحصول معين على فترات متقاربة يؤدى إلى تكاثر مسببات الأمراض فيها، مثل النيماتودا، وفطريات الذبول، وأعفان الجذور. ويجرى التعقيم – عادة – بعد الحرث، وقبل إقامة خطوط الزراعة. وقد تناولنا موضوع تعقيم التربة ومخاليط الزراعة – بالتفصيل – فى كتاب "الأساليب الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر" (حسن ٢٠١٠)، وفيه يجد القارئ كل ما يتعلق بهذه العملية.

يعد التعقيم الحرارى (بالبخار) أقدم طريقة للتعقيم، وهى لا تطبق – عادة – إلا فى المناطق الباردة التى تُدفأ فيها البيوت المحمية بالبخار، والتى تتوفر فيها مراجل البخار المستعملة فى التدفئة. وقد تلت هذه الطريقة فى التطبيق التعقيم بالمبيدات (وخاصة بالمبخرات Fumigants). وعلى الرغم من الكفاءة العالية لعملية التعقيم الكيميائى إلا أنها باهظة التكاليف، وأصبحت تُواجه بمعارضة شديدة فى كثير من الدول؛ بسبب تأثيرها الضار على البيئة، وخاصة تلويثها للمياه الجوفية، ناهيك عن حظر استخدام بروميد الميثايل فى تعقيم التربة. أما أكثر طرق التعقيم انتشارًا – حاليًا – فهى التعقيم بالإشعاع الشمسى، وهى أقل الطرق تكلفة. وبالإضافة إلى كفاءتها العالية فى التخلص من عديد من مسببات الأمراض والحشائش، فإنها تُحفز نمو أنواع بكتيرية مفيدة للنباتات تتواجد فى التربة وتعيش بالقرب من جذورها. وقد أسهبنا فى شرح هذه الطريقة ومزاياها فى الكتاب المشار إليه أعلاه.

ونظرا لارتفاع تكلفة التعقيم الكيميائى .. يلجأ كثير من المنتجين إلى تغيير مواقع الصوبات إلى أرض جديدة، وهذا إجراء اقتصادى سليم فى حالة الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية التى يكون من السهل فكها وإعادة إقامتها.

كذلك يلجأ بعض المنتجين – خاصة فى المناطق الصحراوية – إلى استبدال تربة جديدة بنحو ١٠–١٥ سم من التربة السطحية للصوبات، وذلك إجراء مكلف، ولا

يعطى – غالبًا – النتائج المرجوة منه؛ بسبب سرعة انتشار الجذور في الطبقات تحت السطحية، التي تكون ملوثة بمسببات الأمراض.

وتعد الزراعة على أصول مقاومة للأمراض أفضل بديل لعملية تعقيم التربة. وتنتشر هذه الطريقة على نطاق واسع للغاية في بعض دول العالم، خاصة في أوروبا، واليابان، وكوريا الجنوبية، ونتناولها بالشرح في موضع لاحق من هذا الكتاب.

إقامة المصاطب

يُستدل من عديد من الدراسات والممارسات الفعلية على أن الزراعة على مصاطب مرتفعة أفضل كثيرًا من مدّ خطوط الزراعة على أرض مستوية. ويرجع ذلك إلى أن المصاطب تزداد فيها فرصة تهوية التربة، وينصرف الماء الزائد عنها – بما يحمله من أملاح ذائبة – إلى قنوات المصاطب، كما تدفأ تربة المصاطب بسرعة أكبر من تربة الأرض المنبسطة (بسبب زيادة المساحة المعرضة للإشعاع الشمسي في حالة المصاطب)، وهو أمر له أهميته خلال فترة انخفاض درجة الحرارة شتاءً؛ أي خلال موسم الزراعات المحمية.

تقام المصاطب عندما تكون التربة مستحرثة؛ أي بعد أن تغمر بالماء ثم تترك إلى أن يصبح بها ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية. ويتم ذلك بفج قنوات عميقة – بطول الصوبة – في منتصف المواقع المفترضة للمصاطب، وتلك القنوات هي التي تنثر فيها الأسمدة الكيميائية والعضوية السابقة للزراعة (يراجع لأجل ذلك موضوع التسميد في موضع لاحق من هذا الفصل). ويلي ذلك فج قنوات أخرى عميقة في منتصف المسافة بين القنوات السابقة، ثم الترديم جيدًا على القنوات السابقة؛ لتصبح مصاطب مرتفعة، مع تعميق القنوات الجديدة (التي تكون بين المصاطب) بحيث يعلو سطح المصاطب – التي تمت إقامتها – عن قاع القنوات التي تفصل بينها بنحو ٣٠–٣٥ سم.

وتتم عملية فج القنوات – عادة – باستعمال المحاريث، ولكنها يمكن أن تجرى

يدويًا، أما عمليه التردبم لتى تجرى لإقامة المصاطب فإنها تتم – غالبًا – يدويًا وتتوفر آلات لإقامة المصاطب مباشرة، ولكن ذلك يصعب تطبيقه فى بيوت الأنفاق البلاستيكية. ويقتصر – غالبًا – على البيوت المحمية الكبيرة التى يمكن مرور الآليات فيها بسهولة. كما يستلزم اتباع هذه الطريقة نثر الأسمدة الكيميائية والعضوية وخلطها بالطبقة السطحية من التربة قبل الزراعة وعملية النثر هذه لا تحقق أقصى استفادة ممكنة من الأسمدة المضافة كما يحدث عند إضافة الأسمدة في باطن المصاطب، أى تحت خطوط الزراعة مباشرة.

وعادة تكون المسافة بين منتصف المصاطب المتجاورة حوالى ١٥٠ سم، ولكن سطح المصطبة ذاتها يكون بعرض حوالى ١٠٠ سم، بينما تكون القنوات بينها بعرض ٥٠ سم وتتم بهذه الطريقة – عادة – إقامة خمس مصاطب طولية فى كل نفق بلاستيكى بعرض ٨٫٥م وتترك بين جانب الصوبة وحافة المصطبة الأولى مسافة ٧٥ سم. كما تترك مسافة مماثلة بين جانب الصوبة المقابل وحافة المصطبة الأخيرة.

وتُعدَّل هذه الأرقام فى الأنفاق التى يبلغ عرضها ٩ أمتار، بحيث تصبح القنوات الفاصلة بين المصاطب بعرض ٦٠ سم، مع زيادة المسافة بين كلٍّ من جانبى الصوبة الطوليين وحافة المصطبة المقابلة له بمقدار خمسة سنتيمترات، ليصبح ٨٠ سم.

ويمكن تلخيص ذلك فى نوعى الأنفاق كما يلى.

الخاصية	أنفاق بعرض ٨٫٥ م	أنفاق بعرض ٩٫٠ م
المسافة بين جدار الصوبة والمصطبة الأولى (سم)	٧٥	٨٠
عرض ظهر المصطبة (سم)	١٠٠	١٠٠
عدد المصاطب	٥	٥
عرض القناة الفاصلة بين المصاطب (سم)	٥٠	٦٠
عدد القنوات الفاصلة بين المصاطب	٤	٤
المسافة بين جدار الصوبة المقابل والمصطبة الأخيرة (سم)	٧٥	٨٠

ومن الأمور الأخرى التى تجب مراعاتها فى عملية إقامة المصاطب ما يلى:

١- استواء الأرض بامتداد طول الصوبة، مع انحدار خفيف فى حالة وجود نظام للصرف أيًا كان نوعه.

٢- ضرورة إضافة الأسمدة العضوية، ثم نثر الأسمدة الكيميائية عليها، مع الاهتمام بانتظام توزيع نوعى الأسمدة

٣- خلط التربة بالأسمدة عند الترديم عليها خلال عملية إقامة المصاطب؛ للمساعدة على تكثيف انتشار الجذور فى التربة بعد ذلك؛ نظرًا لأن الجذور النباتية لا يمكنها الانتشار الكثيف فى الأسمدة العضوية التى لا تختلط بها التربة.

٤- تكسير كتل التربة (القلاقيل)، وتنعيم ظهر المصطبة جيدًا.

هذا وتتسع كل مصطبة لخطين من خطوط الزراعة، يبتعد كل منهما بمسافة ٢٥ سم عن مركز المصطبة الذى يُمدّ فيه — عادة — خرطوم الرى بالتنقيط.

فرد الغطاء البلاستيكى على سطح التربة

يتم مد خراطيم التنقيط وفرد الغطاء البلاستيكى على المصاطب، مع الرى لمدة لا تقل عن أسبوعين قبل الشتل. يجب أن يكون الغطاء مشدودًا تمامًا حتى لا يتجمع هواء ساخن تحته. وهو يؤدى — حال تسربه من الفتحات التى تنمو من خلالها الشتلات — إلى موتها يفضل استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود فى الجو البارد؛ لأنه يؤدى إلى رفع حرارة الطبقة السطحية من التربة نهارًا بنحو ٥ درجات مئوية، كما إنه يمنع تسرب الأشعة تحت الحمراء من خلاله ليلاً. وفى الجو الحار .. يفضل استخدام البلاستيك الأبيض من أعلى (لعكس الأشعة الضوئية) والأسود من أسفل لمنع إنبات الحشائش. أما البلاستيك الشفاف فإنه يزيد من رفع حرارة التربة نهارًا، ولكنه يحفز — كذلك — نمو الحشائش تحته. ويفيد البلاستيك الفضى والألومنيومى فى تشتيت الحشرات الصغيرة كالذبابة البيضاء والمنّ، بينما يعمل البلاستيك الأصفر على جذب تلك الحشرات إليه، ثم موتها بفعل حرارته العالية

هذا .. ويتنوع لون الملش البلاستيكي الذي يستخدم في أرضيات الصوبات – حسب الغرض من استعماله – كما يلي:

١– الزيتوني الحراري olive thermic:

يسمح الملش الزيتوني الحراري للأشعة تحت الحمراء بالمرور خلاله لتدفئة التربة نهارًا، ولكنه يمنع نفاذ الأشعة النشطة في البناء الضوئي، مما يؤدي إلى منع نمو الحشائش.

٢– الأحمر:

يتميز الملش الأحمر بشفافية جزئية، بما يسمح بنفاذ الأشعة لتدفئة التربة، ولكنه يعكس كذلك الإشعاع نحو النمو النباتي، مما يؤدي إلى تغيير نسبة الأشعة الحمراء إلى تحت الحمراء، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث تغير في النمو النباتي الخضري والزهري وفي الأيض، بما يؤدي إلى التبكير في الإثمار أو زيادة المحصول في بعض محاصيل الخضر

٣– الأصفر.

يجذب الملش الأصفر إليه بعض الحشرات مثل الذبابة البيضاء، وخنافس الخيار، والمنّ، ويعمل كمصيدة لها. كما قد يستعمل كوسيلة لمراقبة أعداد الحشرات.

٤– الأزرق

يجذب إليه التربس

٥– الفضي.

يُنتج الملش الفضي – عادة – بوجهين: فضي وأسود. يعمل الجانب الأسود – الذي يكون مواجها للتربة – على منع نمو الحشائش. ويؤدي هذا الملش على عكس الضوء، وخفض حرارة التربة، وطرد المنّ والتربس، وهو يسمح بالإنتاج المحصولي في المناطق الشديدة الحرارة

٦– الأبيض:

يعمل الملش الأبيض على تبريد التربة، بما يسمح بالإنتاج المحصولي في المناطق

الشديدة الحرارة، وهو — كذلك — يكون بوجهين: أبيض إلى أعلى وأسود مواجه للتربة لأجل منع نمو الحشائش (American Society for Plasticulture — ٢٠٠٨ — الإنترنت).

وتفضل تغطية سطح تربة الزراعات المحمية بالبلاستيك الأبيض العاكس للضوء؛ ذلك لأنه يزيد من انعكاس الضوء نحو النموات النباتية الخضرية، كما يرفع درجة الحرارة بتقليله للتبخر المائي من سطح التربة؛ الأمر الذي يؤدي — بدوره — إلى خفض الرطوبة النسبية بهواء الصوبة، وخفض احتمالات الإصابة بالأمراض.

إنتاج الشتلات والتطعيم

تناولنا بإسهاب موضوع إنتاج شتلات الخضر في كتابيّ "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، و "الأساليب الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر" (حسن ٢٠١٠)، ولن نكرر هنا ما جاء فيهما، ولكنّا نمس جانبًا هامًّا من عملية إنتاج الشتلات، ألا وهو تطعيمها على أصول مقاومة للأمراض.

إنتاج الشتلات

يُفيد استخدام الشتلات في الزراعة في تجانس النمو والتبكير في الحصاد مع تجنب حدوث أي فاقد في البذور التي تكون مرتفعة الثمن، حيث تزرع بذرة واحدة في كل عين من عيون طاولات الزراعة (الشتّالات). توضع البذور على العمق المناسب (حوالي ١-١,٥ سم للطماطم والفلفل والباذنجان، و ٢-٢,٥ سم للخيار والكنتالوب والبطيخ)، مع زراعة بذور أصناف البطيخ اللابذرى إما أفقية وإما بطرفها المدبب إلى أعلى؛ مما يساعد البادرة في التخلص من الغلاف البذري. تُروى الشتّالات بعد زراعة البذور، ثم توضع في حجرة دافئة على ٢٩-٣٢°م لمدة حوالي ثلاثة أيام لإسراع الإنبات، مع ملاحظة تجنب زيادة الري بالنسبة للبطيخ اللابذرى وبعد إنبات نحو ١٠٪ من البذور تُخفض حرارة المكان الذي توجد به الشتّالات إلى ٢١-٢٧°م نهارًا مع ١٨-٢١°م ليلاً لحين استكمال البادرات لنموها

يجب رى الشتلات بانتظام وحسب الظروف الجوية. على أن يكون ذلك فى الصبح، لكى تكون البدرات جافة قبل حلول المساء، مما يقلل من مخاطر إصابتها بالأمراض. ويمكن رى الشتلات ثلاثة مرات أسبوعيًا بمحلول يحتوى على ٢٠٠ جزء فى المليون من النيتروجين، مع تقليل الرى والتسميد قبل الشتل بنحو أسبوع لأجل أقلمة الشتلات، لكى تتحمل عملية الشتل.

وبالنسبة للكنتالوب والبطيخ فإن الشتلات الجيدة يجب أن تحتوى على ٢-٤ أوراق، وأن تكون قصيرة وسميكة الساق وذات مجموع جذرى قوى وسليم.

إنتاج الشتلات المطعومة

الشتلات المطعومة هى تلك التى تطعم على أصول خاصة، بهدف التأثير على نموها، أو جعلها أكثر تحملا لظروف بيئية معينة، أو لأن تلك الأصول تكون مقاومة لأمراض معينة تعيش مسبباتها فى التربة، وتصاب بها الأصناف المراد إنتاجها إن لم تطعم على تلك الأصول.

مميزات استعمال الشتلات المطعومة فى الزراعة

يحقق استعمال الشتلات المطعومة فى الزراعة المزايا التالية:

١- مكافحة الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور وتعيش مسبباتها فى التربة تنمو جذور الأصول المستعملة فى التطعيم بقوة، وتكون مقاومة لعديد من الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، أو تكون متحملة للإصابة بها. وتجدر الإشارة إلى أنه كثيرا ما تنمو جذور عرضية من الطعوم، تكون عرضة للإصابة — بسهولة — بتلك الأمراض. ولكن النبات ذا المجموع الجذرى المزدوج يُظهر — دائمًا — قدرًا كبيرا من المقاومة يقترب من مقاومة النباتات التى تعتمد على جذور أصولها فقط. وبينما لا تتوفر أية أدلة على انتقال خصائص القابلية للإصابة بأمراض الجذور من الطعوم إلى الجذور المقاومة لها، فإن العكس ليس صحيحًا، حيث تنتقل خصائص

المقاومة للذبول الفيوزارى فى البطيخ — مثلاً — من الأصول إلى الطعوم القابلة للإصابة بالمرض، وتكسبها صفة المقاومة.

٢- زيادة قدرة النباتات على تحمل الحرارة المنخفضة:

فمثلاً يتحسن نمو نباتات الخيار شتاءً — خلال فترة انخفاض درجة الحرارة — بتطعيم النباتات على أصول من الجورد *Cucurbita ficifolia*

٣- زيادة قدرة النباتات على تحمل ملوحة التربة ومياه الرى.

٤- زيادة قدرة النباتات على تحمل غدق التربة

٥- تحفيز وتنشيط امتصاص النبات للماء والعناصر المغذية.

يحدث ذلك بفعل المجموع الجذرى القوى للأصول المستعملة؛ مقارنة بالنمو الخضرى للطعوم المستخدمة معها

٦- زيادة قوة النمو النباتى.

يحدث ذلك بفعل الهرمونات التى تنتجها الأصول، وخاصة السيتوكينينات التى تُصنَّع فى الجذور، وتنتج بتركيزات عالية فى أصول الخيار. ومن بين الهرمونات التى وجدت فى عصارة الخشب الصاعدة من الأصول كل من: الزياتين t-zeatin، وحامض الجبريلليك، وإندول حامض الخليك، وحامض الأبسيسك. وقد تباينت الأصول المستعملة مع الباذنجان — كثيرًا — فى محتوى عصارة أنسجة الخشب فيها من تلك الهرمونات.

٧- زيادة فترة الحصاد الاقتصادى

يحدث ذلك بفعل التأثير المتجمع لكل العوامل السابقة، خاصة فى الظروف البيئية القاسية.

٨- تحسين نوعية الثمار:

يؤدى استعمال أصول معينة فى البطيخ إلى زيادة حجم الثمار عما فى النباتات غير المطعومة. كذلك تؤثر الأصول على عديد من الصفات الثمرية الأخرى؛ مثل: شكل الثمرة، ولون الجلد ومدى نعومته، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وفى الخيار ..

تتأثر كثافة الطبقة الشمعية على الثمار Bloom ولون الثمار الخارجي بالأصول المستعملة ولكن باستثناء تأثير الأصول على حجم الثمرة، فإن معظم تأثيرات الأصول على الثمار تكون سلبية (عن Lee ١٩٩٤)

الأصول المستعملة فى إنتاج الخضر المطعومة

تتباين أنواع الأصول المستخدمة فى إنتاج الخضر المطعومة باختلاف المحصول والهدف من عملية التطعيم، كما تختلف طريقة التطعيم المناسبة باختلاف الاصل المستعمل. كما يظهر فى جدول (٧-٢)

جدول (٧-٢) الأصول المستعملة، وطريقة التطعيم المناسبة، والهدف من التطعيم فى مختلف محاصيل الخضر

الخضر		الأصول الشائعة الاستعمال[أ]	طرق التطعيم[ب]	الهدف من التطعيم[جـ]
البطيخ	الجورد	*Lagenaria siceraria* var. *hispida*	١	١، ٢
	هجن نوعية		١، ٢	١، ٢، ٣
	الجورد الشمعي	*Benincasa hispida*	١، ٣	١، ٢
الخيار	القرع	*Cucurbita pepo*	٢، ٣	١، ٢، ٣
	القرع	*Cucurbita moschata*	١، ٢	١، ٢، ٣
	الخيار الشوكي	*Sicyos angulatus*	٢	٥
	الجورد	*Cucurbita ficifolia*	٢	١، ٢، ٣
	هجن نوعية		١، ٢	١، ٢، ٣
القاوون	الهجين	*Cucurbita maxima* x *C. moschata*	٢	١، ٢، ٤
الطماطم	الخيار	*Cucumis sativus*	٢	١، ٢
	الخيار الشوكي	*Sicyos angulatus*	٢	٢، ٥
		Cucumis melo	٢، ٣	١
الباذنجان		*Lycopersicon pimpinellifolium*	٣	٥
		Lycopersicon hirsutum	٣	٥

تابع جدول (٧-٢)

الخضر	الأصول الشائعة الاستعمال[أ]	طرق التطعيم[ب]	الهدف من التطعيم[جـ]
	Lycopersicon esculentum	٣	٥
	Solanum integrifolium	٢، ٣	٦
	Solanum torvum	٢، ٣	٧

أ- يتوفر عديد من الأصناف والسلالات المستعملة كأصول من كل نوع

ب- طرق التطعيم ١- الإيلاج في حفرة hole insertion، ٢- اللساني tongue، ٣- التطعيم بالشق cleft

جـ- أهداف التطعيم ١- مكافحة الذبول لفيوزارى، ٢- تحفيز النمو، ٣- تحمل الحرارة المنخفضة، ٤- إطالة موسم النمو، ٥- مكافحة النيماتودا، ٦- مكافحة الذبول البكتيرى، ٧- تقليل الإصابة الفيروسية.

ونلقى مزيدًا من الضوء على الأصول المستعملة مع مختلف محاصيل الخضر فيما يلى:

١- الطماطم:

يبين جدول (٧-٣) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان والأمراض التى يقاومها كل أصل منها.

جدول (٧-٣) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان، والأمراض التى يقاومها كل أصل منها (عن Lee ١٩٩٤)

الأصل	أهم أمراض الطماطم[أ]					
	الذبول البكتيرى	الذبول الفيوزارى	*Verticillium dahliae*	*Pyrenochaeta lycopersici*	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
BF	R	R	S	S	S	S
LS89	R	R	S	S	S	S
PFN	R	R	S	S	R	S
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	S	R	R	R	R	S

تابع جدول (٧-٣)

الأصل	أهم أمراض الطماطم[أ]					
	الذبول البكيترى	الذبول الفيوزارى	*Verticillium dahliae*	*Pyrenochaeta lycopersici*	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
KNVFTM	S	R	R	R	R	R
Signal	S	R	R	R	R	R
KCFT-N	S	R	S	R	R	R

(أ) R = مقاوم Resistant، S = قابل للإصابة Susceptible.

وجميع هذه الأصول عبارة عن هجن ناتجة من تلقيح الطماطم مع النوع البرى *Lycopersicon hirsutum* وكما يظهر من جدول (٧-٤)، فإن الحروف المستخدمة فى تكوين أسماء الأصول تُشير إلى خاصية مقاومتها للأمراض المختلفة كما يلى

الرمز	المرض المعنىّ	
F	الذبول الفيوزارى	**Fusarium Wilt**
V	ذبول فيرتسيليم	**Verticillium Wilt**
K	عفن الجذور البنى والفلينى	**Brown & Corky Root Rot**
N	نيماتودا تعقد الجذور	**Root Knot Nematode**
T أو Tm	فيرس موزايك التبغ	**Tobacco Mosaic Virus**
F_2	الذبول الفيوزارى (سلالة رقم ٢، بالإضافة إلى السلالة العادية رقم صفر).	
B	الذبول البكتيرى **Bacterial Wilt**	

وتستخدم شركة تاكى – اليابانية – للبذور أصولاً مقاومة للأمراض – جميعها من الهجن – فى تطعيم الطماطم، كما يلى

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Helper-M	B, V, F1, F2, N
Achilles-M	B, V, F1, N
Ti-up No.1	K, N, V, F1, Tm-2^a

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Ti-up No.2	K, N, V, F1, F2, Tm-2ª
Anchor-T	B, V, F1, F2, N, Tm-2ª
New No.1	K, N, V, F1
Healthy	B, V, F1, N
Kage	B, N, V, F2, Tm-2ª

ومن الرموز الجديدة التى جاءت فى قائمة الأمراض التى تقاومها تلك الأصول: F1 ويعنى المقاومة للسلالة الأولى (رقم صفر) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى، و Tm-2ª ويعنى احتواء الأصل على الجين Tm-2ª الذى يعد من أقوى جينات المقاومة لفيرس موزايك التبغ وجميع الأصول الهجين المبينة أعلاه والتى لا تحمل الجين Tm-2ª تحمل الجين الآخر Tm-1 لمقاومة فيرس موزايك التبغ. وتوصى الشركة بأن تُطعَّم أصناف الطماطم التى تحمل الجين Tm-2ª على أصول تحمل المقاومة نفسها، وكذلك تُطعّم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 على أصول بها الجين نفسه

ودرس Masuda & Furusawa (١٩٩١) تأثير استعمال الأصول المقاومة للأمراض KNVF-R3، و LS-89، و TVR-2 على محصول ونوعية ثمار الطماطم، ووجدا أن المحصول لم يختلف جوهريًا باختلاف الأصل المستعمل، ولكن أدت جميع الأصول إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار بعد العنقود السادس. وحُصِلَ على أعلى نسبة من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة فى عصير الثمار عندما استعمل الأصل KNVF-R3.

وقد حصل Matsuzoe وآخرون (١٩٩٣) على توافق تام بين الطماطم كطعم وكل من: *Solanum sisymbriifolium*، و *S. torvum*، و *S. toxicarium* كأصول مقاومة للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، ولكن الأصل الأول فقط (*S. sisymbriifolium*) هو الذى لم يكن له تأثير سلبى على نمو ومحصول الطماطم فى مدى واسع من الظروف البيئية

٢- الباذنجان:

من الأصول المستعملة مع الباذنجان هجينا الباذنجان Meet، و Caravan وكلاهما مقاوم لكل من مرضى الذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم.

٣- البطيخ:

من الأصول المستعملة مع البطيخ ما يلى

أ- هُجن القرع Tetsukabuto، و Patron، و Kirameki، و Just.

ب- هجن الجورد: Friend، و Round Fruited.

جـ- هجين البطيخ Toughness

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى.

٤- القاوون:

من الأصول المستعملة مع القاوون ما يلى:

أ- هجينا القرع Tetsukabuto، و Just.

ب- هجين القاوون: Base.

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى (عن كتالوج لشركة Takii Seed).

٤- الخيار:

عند زراعة الخيار فى المواسم الباردة فإنه يجب أن يُطعم على الجورد *Cucurbita ficifolia*. الذى يزداد نموه بانخفاض حرارة التربة عن ٢٠ْم (عن Kanahama ١٩٩٤)، بينما يوصى عند زراعة الخيار فى المواسم الحارة بتطعيمه على الأصل Sintozwa، وهو هجين نوعى

ويُظهر الخيار الشوكى bur-cucumber (*Sicyos angulatus*) الذى وجد ناميًا بريًّا فى كوريا — توافقا جيدا مع الخيار (وكذلك مع البطيخ)، وهو مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور. ويحفز النمو المبكر للطعوم (عن Lee ١٩٩٤)

ويقاوم الأصل *C. ficifolia* — الشائع الاستعمال مع الخيار والبطيخ — كلا من الذبول الفيوزارى والفطر *Phomopsis sclerotioides* (عن Fletcher ١٩٨٤)

وقد وجد Weng وآخرون (١٩٩٣) أن تطعيم الخيار على الجورد *C ficiflolia* أدى – مقارنة بعدم التطعيم – إلى زيادة المساحة الورقية بمقدار ٤٤٪–٧٠٪، ومحتوى الكلوروفيل بمقدار ٦ ٣٪–٧ ١١٪، كما أدى إلى زيادة فى مقاومة النباتات لكل من البياض الدقيقى وفطرى الفيوزاريم والبثيم *Pythium*، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ٣٠٪–٩٠٪، والمحصول الكلى بنسبة ١٥٪–٤٧٪.

طرق التطعيم

تجرى عملية التطعيم – عادة – فى طور البادرة، وقبل بزوغ الورقة الحقيقية الأولى – من بين الفلقتين – فى القرعيات.

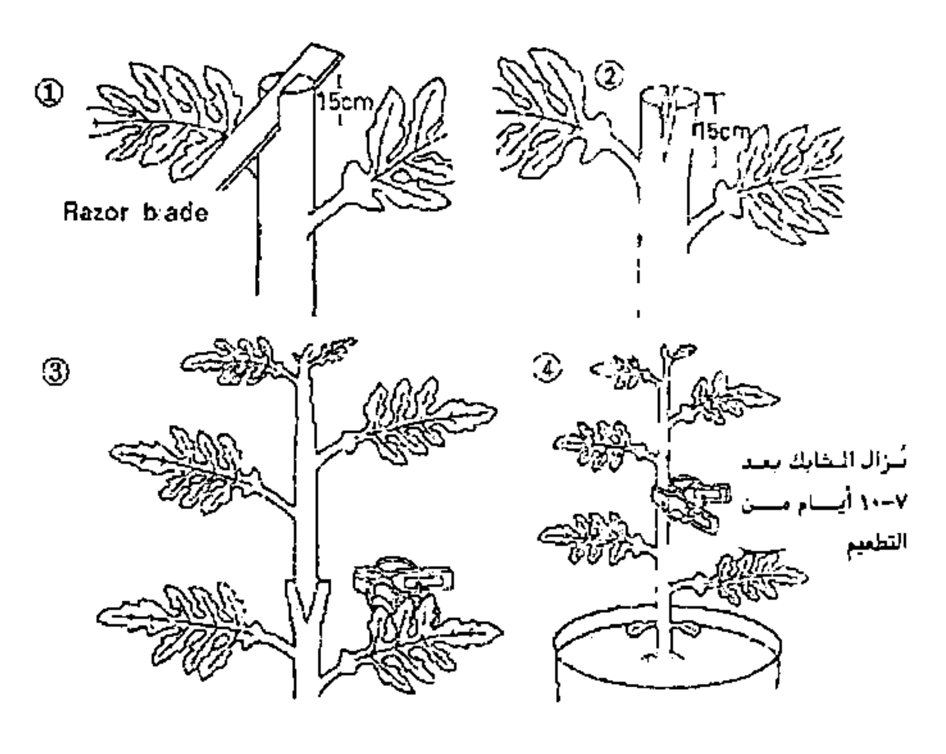
تستخدم ثلاث طرق للتطعيم، هى اللسانى tongue approach، والشق cleft، والأنبوبى tube. ويتشابه التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى فى أن ساق الطعم يقطع تمامًا عن جذورها وتلصق بالأصل والأصل فى إسم التطعيم الأنبوبى أن أنبوبة صغيرة كانت تستخدم فى ضم الطعم إلى الأصل، ولكن تستخدم لذلك – حاليًا – مشابك بدلاً من الأنابيب ويعد التطعيم الأنبوبى هو الأسرع والأقل تعقيدًا نظرًا لاحتياجه إلى قطع واحد مستقيم فى كل من الأصل والطعم، كما إنه – بسبب عدم الحاجة لأكثر من قطع واحد – يمكن استعماله مع البادرات الصغيرة جدًا. وفى كل من التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى تلزم حماية النباتات الصغيرة المطعومة من الجفاف حتى يكتمل التحام أنسجة الطعم مع أنسجة الأصل. وتتم الحماية المطلوبة بتغطية النباتات المطعومة بغطاء بلاستيكى لتقلل الضوء التى تتعرض له والاحتفاظ بالرطوبة، مع تعريض النباتات المطعومة لرذاذ دقيق من الماء على فترات أثناء النهار. هذا .. ويكتمل التحام الطعوم فى الطماطم سريعًا، ويمكن البدء فى أقلمة النباتات فى الصوبة بعد نحو ٣–٤ أيام، وغالبًا ما تصبح النباتات جاهزة للشتل فى خلال ٧–٨ أيام من عملية التطعيم.

وفى كل من التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى ينبغى أن تكون أقطار النهايات المقطوعة فى كل من الأصل والطعم متماثلة تمامًا، وبغير ذلك يستغرق التطعيم وقتا أطول ليكتمل التئامه،

ويمكن أن يموت الأصل خلال تلك الفترة الطويلة بسبب عدم انتقال الغذاء المجهز إليه ونظرًا لأن معظم الأصول تكون أبطأ نموًّا عن الأصناف التجارية المستخدمة كطعوم، لذا . فإنها تزرع — عادة — مبكرة بعدة أيام عن الطعوم (McAvory ٢٠٠٥).

التطعيم بالشق:

عند إجراء التطعيم بالشق cleft grafting تلزم زراعة بذور الأصل قبل زراعة الطعم بنحو ٥–٧ أيام وعند وصول النباتات لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الرابعة إلى الخامسة يتم عمل شق فى ساق الأصل. ويقطع ساق الطعم على شكل وتد (أو مفك)، بحيث يكون جانبا الوتد متماثلين تمامًا مع جانبى الشق فى ساق الأصل، ومع ضرورة ترك ٢–٣ أوراق بكل من الأصل والطعم يوضع الجزء المقطوع من الطعم فى الشق المجهز بالأصل، ثم يثبتان معًا بمشبك بلاستيكى (شكل ٧–١).



شكل (٧–١) تخطيط لعملية التطعيم بالشق

التطعيم الأنبوبي:

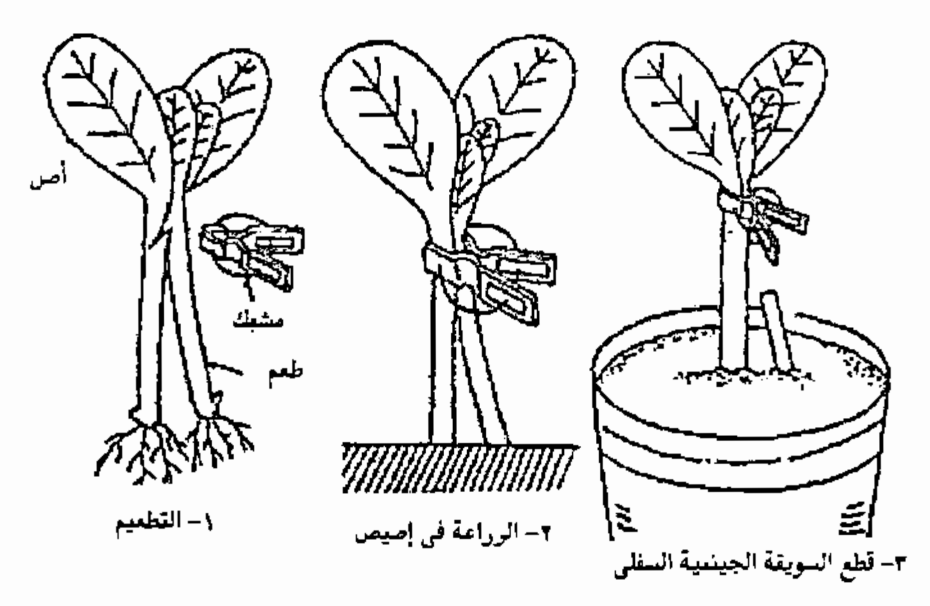
عند إجراء التطعيم الأنبوبي تزرع بذور الأصل قبل بذور الطعم بنحو يوم واحد إلى يومين ونظرا لأن التعامل يكون مع نباتات صغيرة، فإنه يكون أسرع عند التطعيم بالشق، كما تحتاج النباتات المطعومة إلى مساحة أقل أثناء أقلمتها. ولا توجد حدود لصغر حجم النباتات التي يمكن تطعيمها غير مدى القدرة الشخصية على التعامل مع النباتات الصغيرة.

يتم أولاً قطع الأصل والطعم قطعين متقابلين مائلين، ثم يُضم القطعين معًا باستخدام مشبك صغير وإذا كان مخططا لتربية الطعم على فرعين، فإن التطعيم يجب أن يجرى أسفل الأوراق الفلقية في كل من الأصل والطعم

التطعيم اللساني:

يسمح التطعيم اللساني tongue approach grafting للطعم بالبقاء على جذوره إلى حين التحام الأصل مع الطعم. ويشيع استخدام تلك الطريقة مع القرعيات – خاصة – لأن نسبة نجاحها تكون عالية، وهي تفضل – كذلك – مع الطماطم في الظروف الجوية التي لا تُناسب سرعة التحام الطعوم. وتستعمل في هذه الطريقة نباتات أكبر حجمًا (بعمر ١٤–٢١ يومًا للطماطم، و ١٠–١٣ يومًا للخيار، و ٧–١٠ أيام للقرع العسلي) لتأمين وجود قطر مناسب للسيقان يسمح بإجراء التطعيم.

تزال أولاً قمة الأصل لكي لا يستمر في نموه الخضري، ويلي ذلك قطع ساقي الطعم والأصل بطريقة تسمح بإيلاج لسان من ساق الطعم في شق – بنفس الحجم – في ساق الأصل، ثم يُضغطان معًا باستخدام مشبك بلاستيكي. تُترك جذور الطعم لمدة ٣–٤ أيام بعد التطعيم حتى يكتمل التحام أنسجة الطعم مع أنسجة الأصل، ثم تقطع ساق الطعم تحت مكان التطعيم جزئيًا، وتترك لمدة ٣–٤ أيام أخرى لحين اكتمال اعتماد الطعم على جذور الأصل، وذلك قبل القطع الكامل لساق الطعم تحت منطقة التطعيم (شكل ٧–٢).



شكل (٧-٢) تخطيط لعملية التطعيم اللسانى.

يُراعى عند إجراء التطعيم ما يلى:

١- تعريض النباتات لضوء الشمس المباشر مع تعطيشها قليلاً قبل التطعيم لكى لا تستطيل النباتات، ولأجل زيادة قدرتها على تحمل نقص الماء.

٢- رى النباتات جيدًا قبل استخدامها فى التطعيم مباشرة، والتأكد من كونها ممتلئة بالرطوبة وغير ذابلة

٣- إجراء التطعيم إما فى الصباح الباكر أو متأخرًا بعد الظهر؛ لتجنب تعريض النباتات لأى شد رطوبى

٤- يُفضل – دائمًا – إجراء التطعيم فى مكان مظلل وغير معرض للرياح، ويحسن أن يكون ذلك خارج الصوبة

٥- عدم تقطيع سيقان نباتات يزيد عددها عما يمكن تطعيمه فى خلال دقائق معدودة. فمن الأهمية بمكان عدم جفاف مكان القطع أو ذبول الطعم

٦- لا يُطعم معًا إلاَّ الطعوم والأصول التى تتماثل سيقانها فى القطر، ويتماثل القطع

في كل منهما، لإعطاء أكبر فرصة ممكنة لتلامس الحزم الوعائية لكل من الأصل والطعم معًا

٧- يُحافظ على النباتات المطعومة في حرارة ٣٠°م، و ٩٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٣-٥ أيام بعد إجراء التطعيم. باستخدام بلاستيك غير شفاف، مع التعريض لرذاذ الماء الدقيق

٨- بعد استكمال التحام الأصل مع الطعم تُعرض النباتات لضوء الشمس المباشر بصورة تدريجية — وهي في الصوبة — لمدة ثلاثة إلى أربعة أيام، برفع البلاستيك غير الشفاف عنها في المساء، وبعد الظهر، ثم لساعات يزداد طولها تدريجيًّا وسط النهار. تستمر خلال هذه الفترة التعريض للرذاذ الدقيق حسب الحاجة لتجنب ذبول النباتات

٩- يجب — عند الشتل — أن يبقى مكان التطعيم فوق سطح التربة، حتى لا تُعطى الفرصة لساق الطعم أن تنتج جذورًا لدى ملامستها للتربة الرطبة، لأن تلك الجذور تحد من مزايا التطعيم (McAvoy ٢٠٠٥)

وقد أمكن التحكم في طول كل من السويقة الجنينية السفلى وأطوال السلاميات في أصل الجورد *Cucurbia ficifolia* المستخدم مع كل من الخيار والبطيخ بنقع البذور في محلول مائي لنظم النمو يونيكونازول uniconazole بتركيز ١-١٠٠ جزء في المليون، ورش النباتات في مرحلة تكوّن ١,٣ ورقة حقيقية بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا في المليون. عملت معاملة اليونيكونازول على تقصير السويقة الجنينية السفلى والسلاميات، وازدادت شدة التأثير بزيادة التركيز المستخدم من منظم النمو، بينما أحدثت معاملة الجبريللين تأثيرًا عكسيًّا. وأدت معاملة البذور باليونيكونازول بتركيز جزء واحد في المليون — مع رش البادرات في مرحلة تكوين ١,٣ ورقة حقيقية بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا في المليون — إلى ثبات طول السويقة الجنينية السفلى مع استطالة السلاميات فقط (Oda ١٩٩٤)

ميكنة التطعيم

كان تطعيم الشتلات يجرى يدويًّا بواسطة منتج الخضر، ثم أصبحت الشتلات

المطعومة تنتج (في كوريا واليابان) بأعداد كبيرة بمعرفة تعاونيات أو شركات متخصصة. يقوم فيها المتخصصون بتطعيم نحو ١٥٠ شتلة في الساعة يدويًا مع الاستعانة بأدوات خاصة، تم تطويرها لهذا الغرض، مثل: المطاوى، والمشابك، والأنابيب. والصموغ

وعلى الرغم من أن أتمتة عملية التطعيم (عن طريق الإنسان الآلى Robots) لم تُجْرَ على نطاق تجارى بعد، إلا أنه يتم تطوير أربعة أنواع من الروبوتات لهذا الغرض في اليابن. يعتمد عملها على المبادئ التالية:

١- يعتمد النوع الأول (JT's Robot) على أنابيب بلاستيكية لوصل الأصل بالطعم وعند تسخين هذه الأنابيب على حرارة ١٥٠°م-٢٥٠°م لعدة ثوان، فإنها تنكمش وتضغط على منطقة الالتحام، ويلى ذلك تبريد الأنابيب إلى حرارة الغرفة باستعمال تيار من الهواء البارد، وتسقط هذه الأنابيب تلقائيًا مع نمو البادرة المطعومة.

٢- يمكن للنوع الثانى (TGR's Robot) تطعيم عدة بادرات في آن واحد تتواجد في خلايا مربعة في صوان خاصة، وتكون جاهزة للتطعيم وهي في عمر معين لكل من الأصول والطعوم

٣- في النوع الثالث (Brain's Robot) تبقى منطقة الالتحام في مكانها باستعمال مشبك خاص

٤- يعتمد النوع الرابع (Honami et al 's Robot) على طريقة للتطعيم تعرف باسم "plug-in". وفيها تجهز قاعدة الطعم على شكل مخروط، وتعد حفرة مخروطية مماثلة في قمة الأصل، ثم يولج الطعم في حفرة الأصل (عن Kurata ١٩٩٤)

الرى

من الضرورى إنشاء خزانات مغلقة أو بركة مكشوفة لتخزين المياه اللازمة للرى، وبسعة تكفى احتياجات الرى في جميع البيوت المحمية وتفيد هذه الخزانات في الحالات الآتية

١- عندما تكثر المواد العالقة بمياه الرى بدرجة تقل معها كفاءة المرشحات، حيث تفيد الخزانات فى ترسيب هذه المواد عند ترك المياه بها

٢- عند الاعتماد على مياه النيل فى الرى، حيث يصبح وجود الخزانات ضرورة لتوفير المياه أثناء السّدَّة الشتوية.

٣- عند الاعتماد على المياه الجوفية فى الرى فى حالة ما إن كان تصريف الآبار لا يكفى كل احتياجات الرى فى أوقات الذروة، حيث يلزم فى هذه الحالة توفير المياه المخزونة لاستعمالها عند الضرورة

وفى غير تلك الحالات أو الأوقات .. فإن المياه تسحب من مصادرها مباشرة (الآبار أو النيل والترع المتفرعة منه) دونما حاجة إلى تخزينها.

نوعية مياه الرى

لكى تكون الزراعات المحمية اقتصادية — مع كل ما تتطلبه من تمويل فى الإنشاءات، والصيانة، والزراعة، وعمليات الخدمة، ومكافحة الآفات — فإن مياه الرى يجب أن تكون من نوعية جيدة لكى لا تقف عائقًا أمام نمو النباتات، ولإعطائها أفضل ما لديها من قدرة وراثية على الإنتاج.

لذا .. يتعين قبل بداية التخطيط للزراعات المحمية التعرف على مدى جودة المياه المتوفرة للرى، حيث يتم تحليلها لتحديد كل من درجة توصيلها الكهربائى (EC)، وتركيزها من أيون الأيدروجين (الـ pH) وتركيز كل من: الكبريتات (SO_4)، والصوديوم (Na)، والكلوريد (Cl)، والحديد (Fe)، والبيكربونات (HCO_3)، وكذلك درجة عُسر الماء. وهى التى تتحدد بمحتواه من الكالسيوم والمغنيسيوم.

تُعطى درجة التوصيل الكهربائى تقديرًا لمحتوى الماء الكلى من المواد الصلبة الذائبة، علمًا بأن الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ١,٥ ديسى سيمنز/سم يعد ردئ النوعية بالنسبة لمعظم محاصيل الزراعات المحمية ويمكن للأملاح الموجودة فى الماء التراكم فى بيئة الزراعة إلى درجة الإضرار بالنمو المحصولى، ذلك لأن تلك الأملاح يمكن

أن تنافس العنصر ضرورية على الامتصاص، كما يمكنها تقليل قدرة النبات على امتصاص الماء

ويمكن أن تؤدى التركيزات العالية جداً من الكالسيوم والمغنيسيوم والعالية من البيكربونات إلى ترسب كربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنيسيوم وانسداد نقاطات شبكة الرى

كذلك يمكن أن تؤدى تركيزات الحديد التى تزيد عن ٠,٥ جزء فى المليون إلى حدوث ترسبات حديدية تؤدى إلى انسداد النقاطات.

وعلى الرغم من أن زيادة الكبريت فى مياه الآبار ليس ضاراً بالنبات، إلاّ أنه يمكن أن يحفز نمو وتكاثر بكتيريا الكبريت، التى تؤدى بدورها — إلى انسداد النقاطات

أما البيكربونات فإنها غالب — ما تتواجد بتركيزات أعلى مما ينبغى، وتعنى زيادة تركيزها إلى ٣٠–٦٠ جزءًا فى المليون ارتفاع الـ pH، الأمر الذى قد يؤدى مع تكرار الرى إلى زيادة pH بيئة الزراعة كذلك فإن التركيز العالى للبيكربونات يمكن أن يؤدى إلى ترسب كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم وبسبب المشاكل التى يمكن أن تحدثها التركيزات العالية للبيكربونات، فإنه يوصى بخفض pH الماء المستعمل إلى ٥,٦–٦٠ باستعمال أى من أحماض النيتريك، أو الفوسفوريك، أو الكبريتيك (عن Hochmuth ٢٠٠١ب)

إن الزراعات المحمية تعطى برامج سمادية مكثفة، تضاف فيها معظم الأسمدة مع مياه الرى. ولذا يجب أن تكون نسبة الأملاح منخفضة أصلاً فى المياه المستعملة فى الرى ويفضل ألا يزيد تركيز الأملاح على ٥٠٠ جزء فى المليون، وأقصى تركيز ممكن للأملاح فى مياه الرى هو ١٠٠٠ جزء فى المليون مع المحاصيل الحساسة للملوحة، مثل الخيار. والفاصوليا. و ١٥٠٠ جزء فى المليون مع المحاصيل المتوسطة التحمل، مثل الطماطم والفلفل

ومن ناحية أخرى يجب ألا يزيد تركيز مختلف الكاتيونات والأنيونات على حدود معينة كما يلي (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣):

الأيون	الحد الأقصى الذي يفضل ألاّ يزيد عليه التركيز
الصوديوم	١٨٤ جزءًا في المليون (٨ مللي مكافئ/لتر)
الكالسيوم	١٢٠ جزءًا في المليون (٦ مللي مكافئ/لتر)؛ لكي لا يؤدي إلى ترسب الفوسفات إذا أضيفت مع مياه الري
المغنيسيوم	٣ مللي مكافئ/لتر
الكلوريد	٣ مللي مكافئ/لتر
الكبريتات	٤٨٠ جزءًا في المليون (١٠ مللي مكافئ/لتر) للنباتات غير الحساسة للعنصر
	٤٨ جزءًا في المليون (مللي مكافئ واحد /لتر) للنباتات الحساسة للعنصر
البيكربونات	٦ مللي مكافئ/لتر؛ لكي لا تؤدي إلى حدوث ترسبات في شبكة الري

وقد أدى استخدام مياه المزارع السمكية في ري الطماطم الشيري في زراعات أرضية – بدلا من استخدام مياه الآبار – إلى زيادة المحصول، الأمر الذي ارتبط بزيادة أعداد الثمار (Castro وآخرون ٢٠٠٦).

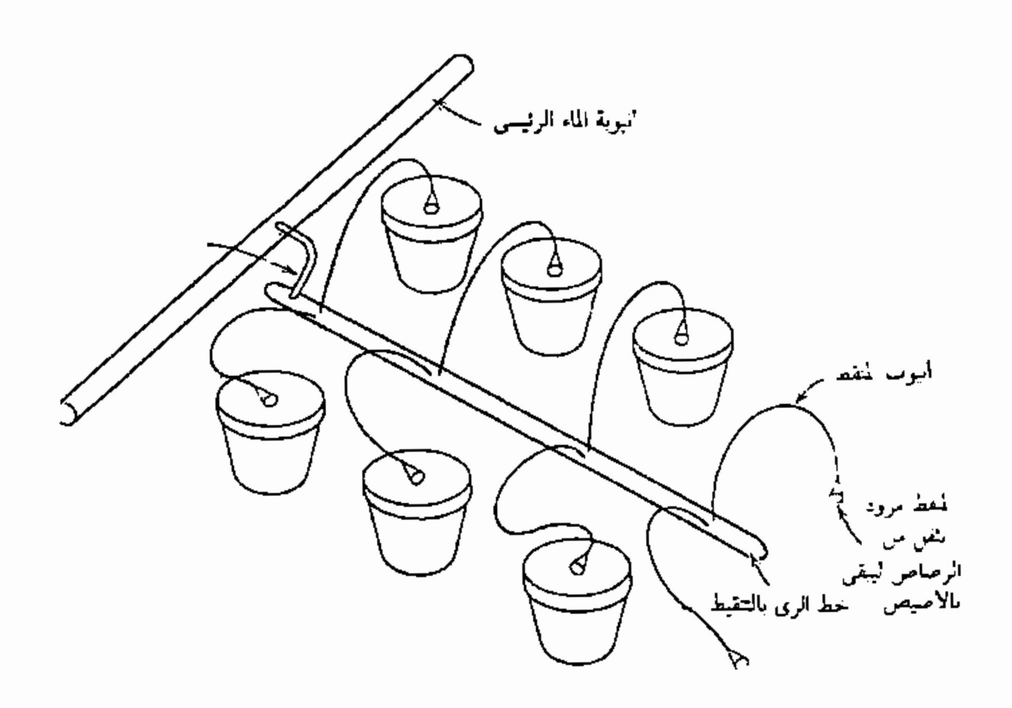
طرق الري

يعتبر الري بالتنقيط هو أكثر طرق الري شيوعًا في زراعات الخضر المحمية، ولكن الري بالرذاذ (المست Mist) – من أعلى (على ارتفاع مترين) – يفيد أيضًا في تلطيف درجة الحرارة عند تشغيله بمعدل ١–١,٥ ملليمتر/ساعة؛ ولذا .. ينصح بتزويد البيوت المحمية بهذا النظام، لكن مع الاعتماد على الري بالتنقيط لأجل تزويد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية.

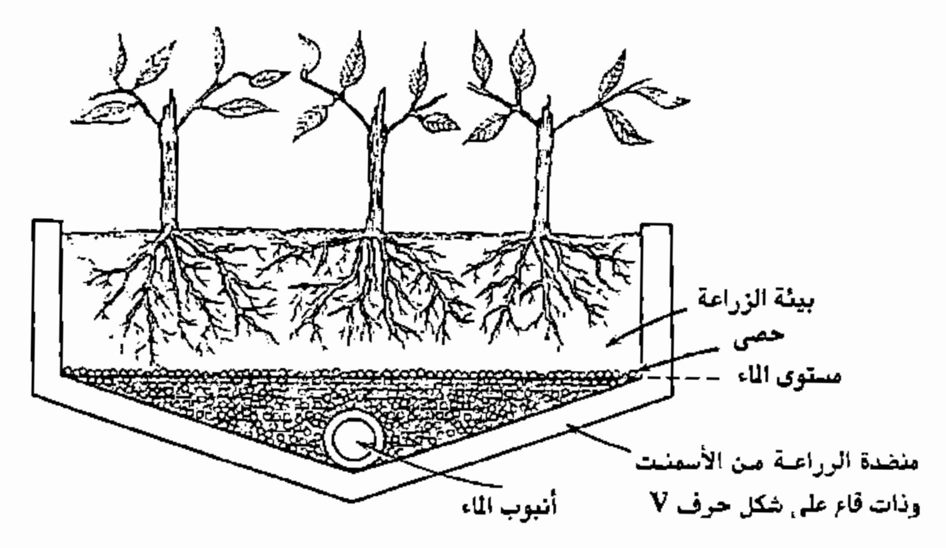
ولا يفضل ري زراعات الخضر المحمية بطريقة الغمر لأسباب كثيرة، منها: زيادة الرطوبة النسبية داخل الصوبات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة انتشار

الأمراض، وزيادة الفاقد من مياه الرى والأسمدة المضافة، وصعوبة توصيل الأسمدة إلى النباتات بالكميات وفى المواعيد المناسبة لها كما يحدث عند إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط.

أما طريقة الرى بالرش فإنها لا تناسب زراعات الخضر المحمية التى تُرَبَّى قائمة، ولكنها تناسب رى المحاصيل الكثيفة التى لا تربى رأسيًا مثل الخس، وكذلك تناسب رى المشاتل ونباتات الزينة، ومختلف النباتات التى تربى فى الأصص، أو فى "بنشات" خاصة كما قد تروى هذه النوعية من الزراعات — كذلك — بالتنقيط (شكل ٧-٣)، أو بطريقة الرى تحت السطحى (شكل ٧-٤).



شكل (٧-٣). رى نباتات الأصص بالتنقيط.



شكل (٧-٤): رى النباتات النامية فى مناضد الزراعة (البنشات) بطريقة الرى تحت السطحى.

ولمزيد من التفاصيل عن مختلف طرق الرى التى ورد ذكرها أعلاه .. يراجع كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب).

معدلات الرى

تتوقف معدلات الرى والفترة بين الريات على طبيعة التربة، والمحصول المزروع، والظروف الجوية السائدة، ومستوى الماء الأرضى، ولسنا هنا بصدد مناقشة هذه العوامل التى يمكن الرجوع إليها فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، ولكننا نبرز بعض المبادئ العامة التى تحكم عملية الرى كما يلى:

١- يُستعمل خط واحد للرى بالتنقيط فى كل مصطبة، ولا يستعمل خطان للرى (مع افتراض وجود خطين من النباتات بكل مصطبة) إلا عند الضرورة فى حالات الأراضى الشديدة النفاذية.

٢- يفضل أن يكون معدل تصريف المنقطات المستعملة فى خراطيم الرى بالتنقيط لترًا

واحدًا/ساعة فى الأراضى الثقيلة. ولترين/ساعة فى الأراضى المتوسطة القوام، و ٣-٤ لترات/ساعة فى الأراضى الخفيفة الشديدة النفاذية.

٣- تروى المصاطب - قبل الزراعة - بكميات من المياه تكفى لبل التربة إلى عمق لا يقل عن ٥٠ سم وعندما تكون التربة جافة تمامًا فإن هذه الكميات تتراوح بين ٣٢ لترًا/نقاط فى الأراضى الثقيلة، و ٣٦ لترًا/نقاط فى الأراضى الخفيفة. ولكن نادرًا من تكون التربة جافة تمامًا، خاصة فى الأراضى الثقيلة. وعمومًا .. فإن كمية المياه المضافة قبل الزراعة لا تقل عن ٨ لترات/نقاط وبينما تجرى زراعة البذور أو يتم الشتل بعد هذه الرية مباشرة فى الأراضى الرملية الخفيفة، فإن الزراعة تؤجل لمدة ٢-٣ أيام بعد تلك الرية فى الأراضى الثقيلة، لكى تصبح محتوية على القدر المناسب من الرطوبة عند الزراعة. وهو ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية فى الخمسين سنتيمترًا السطحية من التربة

٤- عند وجود خط واحد من النباتات فى كل مصطبة فإنه يكون على مسافة ١٥ سم من خرطوم الرى فى الأراضى الرملية، و ٢٠ سم فى الأراضى الثقيلة. أما عند وجود خط واحد للرى بخدم خطين من النباتات فى كل مصطبة . فإن خطوط النباتات تكون على مسافة ٢٥ سم على كل من جانبى خرطوم الرى، وقد تستعمل فى الحالة الأخيرة أنابيب شعرية (إسباجيتى) لتوصيل مياه الرى من الخرطوم إلى مواقع النباتات فى خطى الزراعة فى الأراضى الخفيفة العالية النفاذية.

٥- يراعى عدم زيادة معدلات الرى فى الأراضى الثقيلة إلى القدر الذى يؤدى إلى تعجن التربة، فيكون الرى خفيفًا بعد الزراعة أو الشتل، ويستمر كذلك إلى أن تُثبِّت البادرات جذورها فى التربة، حيث يوقف الرى بعد ذلك لأيام قليلة قبل معاودته من جديد أما فى الأراضى الخفيفة فإن الرى يستمر بصورة طبيعية حسب الظروف الجوية

٦- تتراوح معدلات الرى - عادة - بين ٠.٥م^3/صوبة يوميًا عند بداية الزراعة، و ٥م^3/صوبة يوميًا خلال فترة الذروة؛ وهى فترات النمو الخضرى الغزير، والإزهار، والإثمار. وتكون الزيادة من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى تدريجية

هذا .. وتقدر احتياجات الرى اليومية (بالمتر المكعب) للصوب البلاستيكية القياسية (٥٤٠م²) خلال شهور الزراعة، كما يلى:

الشهر	العروة الخريفية	العروة الربيعية
سبتمبر	٠,٥	—
أكتوبر	١,٥	—
نوفمبر	٣,٠	—
ديسمبر	٣,٠	—
يناير	١,٠	—
فبراير	٢,٠	٠,٤
مارس	٣,٠	١,٠
أبريل	٤,٠	٣,٥
مايو	—	٣,٨
يونيو	—	٣,٨

التسميد

يعتمد التسميد فى الزراعات المحمية — أساسًا — على الأسمدة الذائبة التى تصل إلى النباتات مع ماء الرى بالتنقيط، خاصة فى الأراضى الرملية. أما عند اتباع طريقة الرى السطحى، فإن التسميد يتم بإضافة الأسمدة الجافة إلى جانب النباتات. وقد تُتبع طريقتا التسميد معًا، بالإضافة إلى التسميد بالرش بالنسبة للعناصر الدقيقة.

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع التسميد باستفاضة فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، ونكتفى فى هذا المقام بإيضاح بعض الأمور.

العناصر الغذائية

يحتاج النبات إلى ستة عشر عنصرًا يحصل على ثلاثة منها — وهى الكربون

والأكسجين والأيدروجين — من ثاني أكسيد الكربون الجوى والماء، أما باقى العناصر فيحصل عليها — طبيعيًا — من التربة

يُعد عنصر الكربون العمود الفقرى لجميع المركبات العضوية، التى يدخل فى تركيبها جميعا — كذلك — عنصر الأيدروجين، كما يدخل عنصر الأكسجين فى تركيب العديد منها، مثل السكريات البسيطة ويدخل الأيدروجين فى التفاعلات الكهروكيميائية للمحافظة على توازنات الشحنة عبر الأغشية الخلوية. كما يُعد الأكسجين ضروريًا لكثير من التفاعلات الكيميائية الحيوية

ونتناول — فيما يلى — دور باقى العناصر فى النبات:

الفوسفور

يُستعمل الفوسفور فى عديد من المركبات التى تقوم بنقل الطاقة فى النبات، كما يدخل العنصر فى تركيب الأحماض النووية التى تتشكل منها الشفرة الوراثية

البوتاسيوم

يُستعمل البوتاسيوم كمنشّط لكثير من التفاعلات الإنزيمية فى النبات. ويتحكم البوتاسيوم فى امتلاء وارتخاء الخلايا الحارسة المحيطة بالثغور بحركته إلى داخل الخلايا وخارجها، علمًا بأن امتلاء (turger) وارتخاء (lack of turger) تلك الخلايا يتحكم فى درجة انفتاح الثغور، ومن ثم مستوى تبادل الغازات وبخار الماء من خلال الثغور

النيتروجين

يُعد النيتروجين عنصرا بالغ الأهمية للنمو النباتى، وهو يدخل فى تركيب كثير من المواد، مثل الكلوروفيل، والأحماض الأمينية، والبروتينات، والأحماض النووية، والأحماض العضوية

الكبريت

يدخل الكبريت فى تركيب بعض الأحماض الأمينية، مثل الميثيونين methionine،

كما يدخل العنصر في تركيب مجموعة الكبريت المهدرج sulfhydryl في بعض الإنزيمات

الكالسيوم:

يدخل الكالسيوم في تركيب بكتات الكالسيوم اللازمة لتكوين الجدر الخلوية. كذلك يعد الكالسيوم عاملاً مساعدًا cofactor لبعض التفاعلات الإنزيمية. كما وجد أن الكالسيوم يدخل في تنظيم العمليات الخلوية التي تتحقق بواسطة جزئ يُعرف باسم كالموديولين calmodulin.

المغنيسيوم:

يلعب المغنيسيوم دورًا هامًا في الخلايا النباتية نظرًا لأنه يوجد في وسط جزئ الكلوروفيل. وتتطلب بعض التفاعلات الإنزيمية المغنيسيوم كعامل مساعد.

الحديد:

يدخل الحديد في التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تؤدى إلى تكوين الكلوروفيل، ويعد جزءًا من أحد الإنزيمات المسئولة عن اختزال النيتروجين النتراتي إلى نيتروجين أمونيومي. كذلك تتطلب نظم إنزيمية أخرى مثل الكاتاليز catalase والبيروكسيديز peroxidase عنصر الحديد.

البورون:

لا يُعرف دور البورون في النبات على وجه التحديد. ويبدو أن له أهمية في التطور الطبيعي لأنسجة الميرستيم.

المنجنيز

يلعب المنجنيز دورًا في عديد من التفاعلات الإنزيمية التي تتضمن مركبات الطاقة مثل ثلاثي فوسفات الأدينوزين ATP. كذلك ينشط المنجنيز عديدًا من الإنزيمات، ويدخل في عمليات انتقال الإليكترونات في البناء الضوئي.

النحاس:

يدخل النحاس فى تكوين عديد من الإنزيمات فى النبات، ويشكل جزءًا من بروتين يلعب دورًا فى عمليت انتقال الإليكترونات فى البناء الضوئى.

الزنك

يلعب الزنك دورًا فى تنشيط عديد من الإنزيمات فى النبات، ويلزم لتمثيل إندول حامض الخليك. وهو منظم للنمو

الموليبدنم:

يدخل الموليبدنم فى تركيب إنزيمين يسهمان فى أيض النيتروجين، وأهمهما الإنزيم nitrate reductase

الكلورين:

يحتمل أن يلعب الكلورين دورًا فى البناء الضوئى، وربما يكون له دور كأيون مضاد لتقلب تدفق البوتاسيوم المتحكم فى امتلاء الخلايا (Hochmuth ٢٠٠١ب).

وسائل تعرف مدى حاجة النباتات إلى التسميد

من أهم الوسائل التى يستفاد منها فى التعرف على مدى حاجة النباتات إلى التسميد ما يلى:

أولاً: تحليل التربة

يُستفاد من تحليل التربة فى التعرف على مدى فقر التربة أو غناها فى محتواها من مختلف العناصر الغذائية الضرورية للنباتات، ومن ثم فى مدى الحاجة إلى التسميد. وتقدر العناصر – عادة – فى مستخلص التربة المشبع، وهو المستخلص الذى تسحب منه عينة التربة – تحت تفريغ – بعد إضافة الماء إليها، إلى أن تصبح كالعجين. ويتم سحب الماء من العجينة بعد ساعتين من تكوينها

وتجدر الإشارة إلى أن المحتوى الرطوبى لعجينة التربة المشبعة يبلغ – تقريبًا –

أربعة أمثال قدر الماء الذى يوجد بها عند نقطة الذبول، وحوالى ضعف محتواها الرطوبى عند السعة الحقلية؛ ولذا .. فإن تركيز الأملاح والعناصر فى مستخلص عجينة التربة المشبعة يكون حوالى ١/٤ التركيز الموجود عند نقطة الذبول، و ١/٢ ذلك الموجود عند السعة الحقلية.

ويُعدّ المستوى الأمثل للعناصر الضرورية الذائبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة كما يلى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣):

العنصر	المدى المناسب (جزء فى المليون)
نيتروجين نتراتى	١٠٠–٢٨٠
فوسفور	٨–١٣
بوتاسيوم	١٥٠–٢٥٠
كالسيوم	٢٠٠–٢٥٠
مغنيسيوم	٦٠–١٠٠

أما درجة التوصيل الكهربائى (الـ EC) المناسبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة — والتى تعبر عن تركيز الأملاح فيه — فهى ١,٥–٢,٥ ملليموز/سم.

هذا .. ويظهر فى جدول (٧–٤) متوسط محتوى الأراضى المصرية فى سبعة من العناصر الضرورية للنبات (عن عبدالحميد ١٩٩١). ويتبين من الجدول أن تركيز مختلف العناصر أعلى — بصفة عامة — فى أراضى الوادى والدلتا مما فى الأراضى الحديثة الاستصلاح الرملية والجيرية.

وقد أوضحت دراسة أجريت على ٢١٠ عينة من تربة بيوت محمية و ١٠٥ عينة طماطم ورقية — فى تركيا — أن مستوى النحاس (الـ DTPA-extractable) فى العشرين سنتيمتر السطحية من التربة تراوح بين ٠,٧٦، و ٨٨,٠٣ مجم/كجم بمتوسط قدره ٧,٧٩ مجم/كجم، وكانت نسبة العينات التى احتوت على نحاس يزيد عن المستوى السام الخطر (وهو ٢٠ مجم/كجم) ٨,١٪. أما محتوى الأوراق من النحاس فقد تراوح بين ٢,٤،

و ١٤٩٠ مجم/كجم بمتوسط قدره ١٦٦,٥ مجم/كجم، وهو محتوى عال جدًا؛ بسبب الرش الورقي الكثف للمركبات المحتوية على النحاس. ولقد تبين أن ٢٤,٨٪ من العينات الورقية احتوت على نحاس بتركيز يزيد عن ٢٠٠ مجم/كجم، وهو الحد الأقصى المقبول المسوح به وأوصت الدراسة بالحد من استخدام المبيدات والأسمدة المحتوية على النحاس (Kaplan ١٩٩٩).

جدول (٧-٤) متوسط محتوى مختلف الأراضي الزراعية المصرية من سبعة من العناصر الضرورية للنبات (على عمق صفر-٦٠ سم).

العنصر	أراضى الوادى والدلتا	أراضى حديثة الاستزراع	
		رملية	جيرية
عناصر كبرى (مجم/١٠٠ جم)			
نيتروجين	١٧٠-٧٥	٤٥-١٢	٤٧-١٨
فوسفور	٤,٠-٢,١	١,٢-٠,٤	٠,٥-٠,٣
بوتاسيوم	٦٨-٣٨	١٠-٥	٢٢-١٧
عناصر دقيقة (جزء فى المليون)			
حديد	٣٠-٩,٥	٤,٥-٠,٥	٦,٠-١,٥
منجنيز	٤٠-١٠	٢,٥-٢,٠	١٢-٥
زنك	٢,٤-١,٢	٠,٧-٠,٥	١,٠-٠,٨
نحاس	٤,٦-٢,٧	١,٩-٠,٤	٠,٩-٠,٨

ثانيا تحليل النبات

يفيد تحليل الأنسجة النباتية كثيرًا فى تحديد مدى الحاجة إلى التسميد ويبين جدول (٧-٥) المدى الطبيعى لتركيز العناصر المختلفة فى أنسجة الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية بكل من نباتى الطماطم والخيار. ويمكن الاسترشاد بهذا الجدول فى التعرف على الحاجة إلى التسميد فى المحاصيل القريبة منهما؛ وهى محاصيل العائلتين الباذنجانية والقرعية على التوالى. وتجب موالاة التسميد بالعناصر

المعنية قبل انخفاض مستوى العنصر بالنبات إلى الحد الأدنى للمجال الطبيعي؛ لأن انخفاضه عن ذلك يعني وجود نقص في العنصر بالنبات يتبعه نقص في المحصول، أو ظهور عيوب فسيولوجية معينة (Johnson ١٩٧٩). كما لا يجب الاستمرار في التسميد إلى أن يصل مستوى العناصر في النبات إلى مستويات تزيد عن المستوى المثالي؛ لأن ذلك يؤدي إلى ضعف النمو ونقص المحصوّل (شكل ٧-٥).

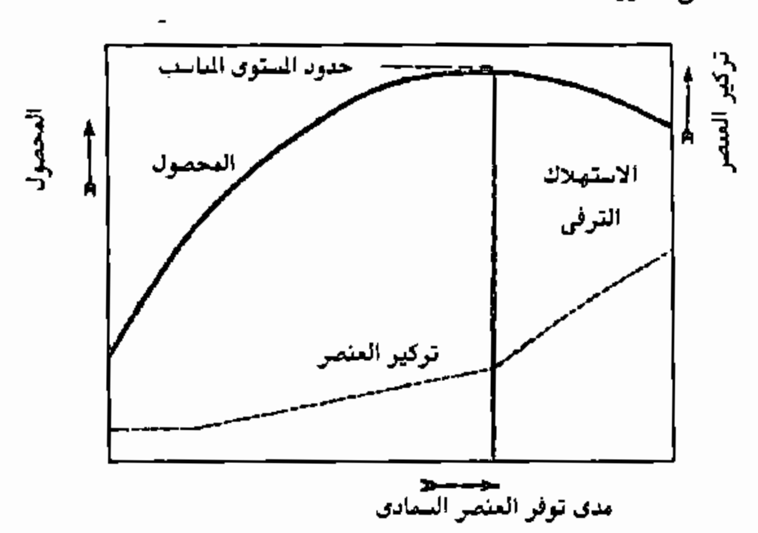
جدول (٧-٥): المحتوى الطبيعي لأنسجة الطماطم والخيار النامية في المزارع المائية من مختلف العناصر (عن Lorenz & Maynard ١٩٨١).

العنصر	الطماطم	الخيار
البوتاسيوم (٪)	٥-٨	٨-١٥
الكالسيوم (٪)	٢-٣	١-٣
المغنيسيوم ٪	٠,٤-١,٠	٠,٣-٠,٧
النيتروجين النتراتي (جزء في المليون)	١٤٠٠٠-٢٠٠٠٠	١٠٠٠٠-٢٠٠٠٠
الفوسفور (PO_4) (جزء في المليون)	٦٠٠٠-٨٠٠٠	٨٠٠٠-١٠٠٠٠
الحديد (جزء في المليون)	٤٠-١٠٠	٩٠-١٢٠
الزنك (جزء في المليون)	١٥-٢٥	٤٠-٥٠
النحاس (جزء في المليون)	٤-٦	٥-١٠
المنجنيز (جزء في المليون)	٢٥-٥٠	٥٠-١٥٠
الموليبدنم (جزء في المليون)	١-٣	١-٣
البورون (جزء في المليون)	٢٠-٦٠	٤٠-٦٠

(أ) أجريت التحاليل على الأوراق التي أكملت نموها حديثًا (الأوراق الخامسة أو السادسة من القمة النامية). استخدم عنق الورقة لتحليل العناصر الكبرى، ونصل الورقة لتحليل العناصر الدقيقة، والقيم معبر عنها نسبة إلى الوزن الجاف.

ويتعين دائمًا تحديد طريقة التحليل المتبعة، ومرحلة النمو النباتي التي تجمع عندها عينات الأوراق للتحليل، والعمر الفسيولوجي للورقة (مدى ابتعادها عن القمة النامية)، ومدى قربها من الثمار المتكونة، وما إن كان التحليل يجري على نصل الورقة، أم

عنقها، أم كليهما. لأن جميع هذه العوامل تؤثر على نتيجة التحليل، حيث يقل تركيز العناصر بتقدم عمر النبات، وبتقدم العمر الفسيولوجى للورقة، وباقترابها من الثمار المتكونة، وفى نصلها مقارنة بعنقها، كما يقل تركيز العناصر فى الأوراق المصابة بالأمراض عما فى الأوراق السليمة



شكل (٧-٥): علاقة النمو والمحصول بتركيز العنصر فى النبات (Mastalerz ١٩٧٧)

أما المستويات العامة للعناصر الصغرى فهى (بالجزء فى المليون فى الأوراق المكتملة النمو حديثًا وعلى أساس الوزن الجاف) كما يلى:

المحصول	البورون	المنجنيز	الزنك
الطماطم	١٥٠	٥٠٠	٣٠٠
الخيار	٢٠٠	٥٥٠	٦٥٠
الخس	٣٠٠	٢٥٠	٣٥٠

وعند الاعتماد على تحليل النبات للتعرف على محتواه من مختلف العناصر فإن التحاليل تجرى على أول الأوراق اكتمالاً فى التكوين بعد القمة النامية (تكون عادة الورقة الخامسة والسادسة من القمة النامية) يجب جمع الأوراق التى تؤخذ للتحليل عشوائيًا من الصوبة كلها، مع قطف عدد كافٍ منها، ويكفى — عادة — حوالى ١٥-٢٠

ورقة. ويراعى قطف الأوراق بأعناقها وتجنب الأوراق غير النظيفة، وتلك التي توجد عليها متبقيات مبيدات ظاهرة. تُعبأ الأوراق في كيس ورقي وترسل سريعًا للتحليل. وقد يكون من المفيد تجفيف الأوراق قبل إرسالها، وذلك بوضعها على منخل وتركها في مكان بالصوبة لا توجد به تيارات هوائية يمكن أن تؤدى إلى تطاير الأوراق.

كذلك يمكن الاعتماد على اختبار العصير الخلوى لأعناق الأوراق لتحليل تركيز النيتروجين النتراتي والبوتاسيوم ويمكن الرجوع إلى جدول (٧-٦) للاسترشاد بالقيم المبينة فيه بالنسبة لمحصول الطماطم

جدول (٧-٦) مستوى الكفاية لكل من النيتروجين النتراتي والفوسفور بالعصير الخلوى لأعناق أوراق الطماطم في مختلف مراحل النمو (Hochmouth ٢٠٠١ب)

مرحلة النمو النباتي	المدى المناسب (جزء في المليون) النيتروجين النتراتي	البوتاسيوم
من الشتل حتى العنقود الثمرى الثاني	١٠٠٠-١٢٠٠	٤٥٠٠-٥٠٠٠
العنقود الثمرى الثاني إلى الخامس	٨٠٠-١٠٠٠	٤٠٠٠-٥٠٠٠
خلال موسم الحصاد	٧٠٠-٩٠٠	٣٥٠٠-٤٠٠٠

ثالثا: أعراض نقص العناصر

نلقى – فيما يلي – مزيدًا من الضوء على أعراض نقص العناصر الضرورية للنبات، وجوانب أخرى للموضوع لم يسبق تناولها في الفصل الرابع.

الفوسفور:

يُمتص الفوسفور على إحدى صورتين: $H_2PO_4^{-1}$ أو HPO_4^{-2}، بعملية نشطة تتطلب طاقة، وهو عنصر سريع التحرك في النبات، ولذا .. تظهر أعراض نقصه على الأوراق السفلى أولاً، لأنه يتحرك خارجًا منها لسد حاجة النموات الجديدة منه. وتظهر أعراض نقص العنصر على صورة تقزم، وتلون أحمر ناتج عن تحفيز لمستوى صبغات الأنثوسيانين.

تحتوى الأوراق التي تعاني من نقص العنصر على نحو ٠,١٪ فقط من الفوسفور في

المادة الجافة. بينما تحتوى الأوراق الطبيعية المكتملة التكوين حديثًا على ٢٥ ٠٪–٦ ٠٪ فوسفور على أساس الوزن الجاف وتؤدى زيادة الفوسفور فى بيئة الجذور إلى تقليل النمو النباتى؛ ربما بسبب تثبيط زيادة الفوسفور لامتصاص عناصر الزنك والحديد والنحاس.

يمكن أن ينخفض امتصاص الفوسفور عند ارتفاع الـ pH فى بيئة نمو الجذور، وكذلك عند انخفاض درجة حرارتها ومن المهم المحافظة على pH المحاليل المغذية بين ٥,٦، و ٦.٠ ليناسب امتصاص الفوسفور. ويمكن خفض الـ pH باستعمال عديد من الأحماض، مثل الكبريتيك والنيتريك والفوسفوريك ويجب عدم الإفراط فى إضافة الكلس (كربوسات الكالسيوم) للبيت المستخدم فى تحضير بيئة الزراعة، حيث يجب أن يُحافظ على الـ pH فيها بن ٥ ٥، و ٦.٥

ويجب ألا تنخفض حرارة بيئة نمو الجذور عن ١٥°م لفترات طويلة، وخاصة فى مرحلة نمو البادرات؛ لأن ذلك يثبط امتصاص الجذور لعنصر الفوسفور

وأحيانًا تُظهر أعناق الأوراق الحديثة وعرقها الأوسط فى النباتات المكتملة النمو تلونًا قرمزيًا يحدث ذلك غالبًا فى أواخر الخريف عندما تنخفض درجة الحرارة. ويحتمل ألا تكون لتلك الأعراض علاقة بنقص الفوسفور، لأنها تظهر على الأوراق الحديثة، وأغلب الظن أن يكون لتلك الأعراض علاقة بوجود زيادة فى مستوى صبغات الأنثوسيانين الذى يحدث فى الحرارة المنخفضة. ولا تُحدث تلك الأعراض أية مشاكل، وتختفى عند ارتفاع الحرارة

البوتاسيوم:

يُمتص البوتاسيوم بكميات كبيرة بعملية نشطة تتطلب طاقة وما أن يدخل العنصر النبات حتى يتحرك بحرية ويصل سريعًا إلى الأنسجة الحديثة.

تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأوراق الحديثة أولاً على صورة نقط متحللة أو تبرقش، ومع استمرار نقص العنصر يحدث تحلل على امتداد حواف الورقة، ويمكن أن يظهر على النباتات ذبول خفيف

وتحتوى الأوراق التى يظهر عليها أعراض نقص العنصر – عادة – على ١.٥٪ بوتاسيوم على أساس الوزن الجاف

ويؤدى نقص العنصر إلى إصابة ثمار الطماطم بالنضج المتبقع.

وتؤدى زيادة تركيز العنصر فى بيئة الزراعة عما يجب – وخاصة فى المزارع المائية ومزارع الصوف الصخرى – إلى تثبيط امتصاص الكاتيونات الأخرى مثل المغنيسيوم والكالسيوم.

النيتروجين:

يمكن للنباتات امتصاص النيتروجين إما على صورة أيون النترات NO_3^-، وإما على صورة ايون الأمونيوم NH_4^+. وتعد النترات هى الصورة المفضلة للامتصاص فى معظم النباتات. ويكون امتصاص صورة الأمونيوم أسهل – غالبًا – عن صورة النترات فى الحرارة الأقل من ١٣°م. كما يكون امتصاص الأمونيوم أفضل ما يكون عندما يكون pH بيئة الزراعة قريبًا من التعادل، ويقل الامتصاص مع انخفاض رقم الـ pH. هذا .. بينما يكون امتصاص النترات أفضل فى الـ pH الحامضى قليلاً. ويزداد امتصاص النباتات للنيتروجين – عادة – عند تواجد العنصر بكلتا صورتيه فى بيئة الزراعة.

وتؤثر الصورة التى يُمتص عليها النيتروجين على pH البيئة؛ فمع امتصاص الأمونيوم يُطلق النبات أيون الأيدورجين H^+ للمحافظة على التوازن الكهربائى؛ مما يؤدى إلى انخفاض الـ pH ومع امتصاص النترات يزداد الـ pH؛ بسبب إطلاق النبات لأيون الأيدروكسيل OH^- ويفسر ذلك التقلبات التى تلاحظ أحيانًا فى pH بيئة نمو الجذور

ويعد النيتروجين من العناصر المتحركة بشدة فى النبات؛ ولذا .. تُشاهد أعراض نقصه على الأوراق السفلى أولاً. وتكون الأعراض على صورة اصفرار عام chlorosis للورقة. وقد يظهر أحيانًا فى الطماطم تلونًا احمر بأعناق الأوراق وعروقها. وإذا استمر النقص فإن الأوراق تسقط من النبات.

تحتوى الأوراق الطبيعية على ٢٪ إلى ٥٪ نيتروجين على أساس الوزن الجاف.

وتؤدى زيادة توفر العنصر عما يجب إلى جعل النمو غضًا وغزيرًا، مع زيادة مساحة الورقة وازدياد دكنة لونها الأخضر. وتؤدى زيادة النيتروجين — خاصة فى الجو الحار الصحو — إلى عدم إنتاج النباتات للأزهار. وتكون أوراق هذه النباتات سميكة وجلدية وتلتف لأسفل بصورة واضحة، مما يبدو معه النمو مندمجاً.

الكبريت:

يُمتص الكبريت أساسًا على صورة كبريتات SO_4^{2-}. ولا يعد الكبريت كثير الحركة فى النبات، لذا فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق الحديثة أولاً. وتكون الأعراض على صورة اصفرار عام بالأوراق. وتتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النيتروجين، ولكن مع اختلاف الأوراق التى تظهر عليها الأعراض، حيث يكون ظهورها على الأوراق العلوية فى حالة الكبريت والسفلية فى حالة النيتروجين

تحتوى الأوراق الطبيعية — عادة — على ٠,٢٪ إلى ٠,٥٪ كبريتات على أساس الوزن الجاف. ويمكن للنبتات أن تتحمل مستويات عالية من الكبريت فى بيئة الزراعة، ولذا تستخدم أملاح الكبريتات فى التسميد بعديد من العناصر الكبرى والصغرى. ولهذا السبب لا يعد نقص الكبريت أمرًا شائعًا.

الكالسيوم

على خلاف معظم العناصر، فإن الكالسيوم يُمتص وينتقل فى النباتات بآلية سلبية، وتُسهم عملية النتح بالقدر الأكبر فى عملية امتصاص الكالسيوم، وما أن يصبح العنصر فى داخل النبات حتى يتحرك إلى الأعضاء التى يزيد فيها معدل النتح، مثل الأوراق النامية.

ويحدث معظم امتصاص الكالسيوم فى منطقة من الجذر تلى القمة النامية مباشرة، ويعنى ذلك ضرورة المحافظة على النمو الجذرى صحيحًا لتكثر به القمم الجذرية، علمًا بأن أمراض الجذور تحد كثيرًا من امتصاص الكالسيوم

لا يتحرك الكالسيوم من الأنسجة التى يصلها مع تيار الماء المفقود بالنتح. ولذا تظهر

أعراض نقص العنصر على الأوراق الحديثة أولاً. وتتمثل في صورة تحلل بالأوراق الحديثة أو أن يصبح النمو متجعدًا وملتويًا.

ومن العيوب الفسيولوجية التى تظهر جراء نقص الكالسيوم احتراق حواف الأوراق فى الخس والكرنب، وتعفن الطرف الزهرى فى الطماطم.

ونظرًا لأن حركة الكالسيوم فى النباتات ترتبط بالنتح؛ لذا .. فإن الظروف البيئية التى تؤثر فى النتح تؤثر كذلك فى حركة العنصر. ونجد – مثلاً – أن الفترات التى ترتفع فيها الرطوبة النسبية تزداد فيها إصابة الخس باحتراق حواف الأوراق، لأن الأوراق لا تنتح – فى هذه الظروف – بما يكفى لتوصيل كميات كافية من الكالسيوم للحواف البعيدة للأوراق النامية.

يتراوح تركيز الكالسيوم فى الأوراق الطبيعية المكتملة النمو حديثًا بين ١,٠٪، و ٥,٠٪.

ويجب أن تؤخذ العوامل البيئية السائدة فى الحسبان عند التخطيط لبرنامج التسميد بالكالسيوم كما أن امتصاص الكالسيوم يتأثر بمدى تواجد الكاتيونات الأخرى، مثل الأمونيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم، وهى التى يمكن أن تُنافس الكالسيوم على الامتصاص، والتى لا تجب زيادة التسميد بها عن حاجة النبات.

المغنيسيوم:

يُمتص المغنيسيوم بكميات أقل من الكالسيوم، ويتأثر امتصاصه بشدة – كذلك – بالكاتيونات المنافسة له، مثل البوتاسيوم والكالسيوم والأمونيوم. وعلى خلاف الكالسيوم، فإن المغنيسيوم يتحرك فى النبات بحرية؛ لذا .. فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق السفلى أولاً.

تكون أعراض نقص المغنيسيوم على صورة اصفرار فيما بين العروق، يمكن أن يتحول إلى تحلل بتلك المساحات المصفرة. وفى الطماطم .. يؤدى استمرار نقص المغنيسيوم إلى ظهور تلون قرمزى خفيف بالأجزاء المتأثرة من الورقة.

يوجد المغنيسيوم فى الأوراق الطبيعية — عادة — بتركيز ٠,٢٪ إلى ٠,٨٪.

وإذا ظهرت أعراض نقص المغنيسيوم فإن السبب يكون عادة إما لضعف التسميد بالعنصر، وإما لزيادة التسميد بالكاتيونات المنافسة له.

الحديد:

يمكن للنبات امتصاص الحديد بطريقة نشطة (تتطلب بذل طاقة) على صورة أيون حديدوز Fe^{2+} أو من كُلاَّب (شيلات) الحديد iron chelates، وهى جزيئات عضوية تحتوى على حديد مخلوب داخلها. يعتمد امتصاص الحديد كثيرًا على صورته المتوفرة، ويعتمد الامتصاص الجيد على قدرة الجذور على اختزال الصورة Fe^{3+} إلى الصورة Fe^{2+} لأجل امتصاصه. وتُعد كُلاَّبات الحديد قابلة للذوبان وتساعد فى بقاء الحديد فى صورة محلول يسهل امتصاصه. وعادة يكون امتصاص كامل جزئ الكُلاَّب قليلاً، وغالبًا ما ينفصل الحديد عن الكُلاَّب (الشيلات) قبل الامتصاص مباشرة.

لا يتحرك الحديد فى النبات، ولذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً، ويكون ذلك على صورة اصفرار فيما بين العروق، يمكن أن يزداد إلى أن تتحول الأنسجة المتأثرة إلى اللون الأبيض، ثم إلى تحللها. وتحتوى الأوراق الطبيعية — عادة — على الحديد بتركيز ٨٠–١٢٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف.

ومن أهم الظروف التى تؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد ضَعف التسميد بالعنصر، وانخفاض حرارة بيئة نمو الجذور، أو ارتفاع رقمها الأيدروجينى (أى زيادة الـ pH عن ٧،٠).

ويعالج نقص العنصر إما بالتسميد الأرضى أو بالرش. وتكفى — عادة — رشة واحدة أو رشتان بتركيز ٢٥ جزء فى المليون من الحديد المخلبى لتصحيح حالة نقص العنصر.

المنجنيز:

يُمتص المنجنيز على الصورة الأيونية Mn^{2+}، ويتأثر الامتصاص بتواجد الكتيونات

الأخرى، مثل الكالسيوم والمغنيسيوم. ويعد المنجنيز غير متحرك نسبيًا فى النبات، ولذا .. تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً.

تتشابه أعراض نقص المنجنيز مع أعراض نقص المغنيسيوم، ولكن باختلاف الأوراق التى تظهر عليها الأعراض؛ فهى تكون الحديثة فى حالة المنجنيز، والمسنة فى حالة المغنيسيوم. تكون أعراض نقص المنجنيز على صورة اصفرار فيما بين العروق، إلا أن ذلك الاصفرار يكون على صورة نقاط أو بقيعات أو لطخات speckles.

ويتراوح التركيز الطبيعى للمنجنيز بالأوراق بين ٣٠، و ١٢٥ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف. ويمكن أن تكون التركيزات العالية للعنصر سامة للنباتات. وتكون السمية على صورة تحللات بحواف الأوراق. ويحدث التسمم بالمنجنيز عند زيادة تركيزه فى بيئة الزراعة إلى ٨٠٠–١٠٠٠ جزء فى المليون. وجدير بالذكر أن زيادة المنجنيز فى المحاليل المغذية يُضعف امتصاص الحديد.

تحدث حالات النقص – غالبًا – إما لضعف التسميد بالعنصر، وإما نتيجة لمنافسة الكاتيونات الأخرى له على الامتصاص. أما التسمم فقد يحدث نتيجة إما لزيادة التسميد بالعنصر، وإما نتيجة لزيادة حامضية وسط الزراعة عندما يدخل فى تركيب الوسط تربة تحتوى على منجنيز؛ حيث يزداد تيسر المنجنيز وذوبانه كثيرًا فى الوسط الحامضى.

الزنك:

يُعتقد بأن امتصاص الزنك يكون بطريقة نشطة تتطلب طاقة، ويمكن أن يتأثر الامتصاص – سلبًا – بكثرة تواجد الفوسفور فى بيئة الزراعة. ولا يعد الزنك من العناصر المتحركة كثيرًا فى النبات. ويؤدى نقص العنصر إلى اصفرار ما بين العروق فى الأوراق، كما يؤدى أيضًا إلى قصر سلاميات النبات.

تحتوى الأوراق الطبيعية على ٢٥–٥٠ جزءًا فى المليون من الزنك. ويمكن أن تؤدى زيادة تركيز العنصر إلى التسمم، ومن أهم أعراضه ضعف النمو الجذرى، وصغر الأوراق واصفرارها. ويمكن أن يزداد تعرض النبات لنقص الزنك عندما تكون بيئة نمو الجذور

باردة وزائدة الرطوبة. أو عندما يزداد فيها — كثيرًا — رقم الـ pH، أو عندما تحتوى على كميات زائدة من الفوسفور

النحاس:

تمتص النباتات النحاس بكميات صغيرة جدًا. ويبدو أن عملية الامتصاص تكون نشطة (تتطلب بذل طاقة)، وهى تتأثر سلبًا – بشدة – بكل من تواجد الزنك بكثرة وارتفاع الـ pH والنحاس ليس شديد التحرك في النبات، ولكنه قد يتحرك جزئيًا من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة. ويتراوح المدى الطبيعي للنحاس فى النباتات بين ٥، و ٢٠ جزءًا فى المليون.

يؤدى نقص العنصر فى الأوراق الحديثة إلى اصفرارها واستطالتها قليلاً. ويمكن أن تؤدى زيادة النحاس — وخاصة فى بيئة الزراعة الحامضية — إلى التسميد بالعنصر.

الموليبدنم:

يُمتص الموليبدنم على صورة موليبدات MoO_4^{2-1}، ويمكن لأيون الكبريتات — عند تواجده بكثرة — تثبيط امتصاص الموليبدنم ويقل محتوى أوراق النبات من العنصر عن جزء واحد فى المليون

تبدأ أعراض نقص العنصر فى الظهور على الأوراق الوسطى والسفلى، حيث تُصبح مصفرة وتلتف حوافها. وعلى خلاف باقي العناصر الدقيقة، فإن نقص الموليبدنم يحدث — غالبًا — فى ظروف بيئات الزراعة الحامضية.

البورون:

لا تُعرف على وجه التحديد آلية امتصاص النباتات للبورون، وهو عنصر غير متحرك فى النبات. ويبدو أنه يتشابه كثيرًا مع الكالسيوم فى الامتصاص والانتقال بالنبات

يؤثر نقص العنصر على الأنسجة الصغيرة النامية أولاً، مثل البراعم وأطراف الأوراق وحوافها تظهر بالبراعم مناطق متحللة. وتصفر حواف الأوراق، ثم تموت فى نهاية الأمر وفى الطماطم تصبح الأوراق والسيقان سهلة الكسر والتقصف

تحتوى الأوراق الطبيعية على البورون بتركيز ٢٠-٤٠ جزءًا فى المليون، بينما قد تؤدى التركيزات العالية إلى التسمم. ولا تحتاج النباتات سوى لكميات قليلة من العنصر.

الكلورين:

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكلورين على النباتات، ذلك لأن النباتات تحتاج العنصر بكميات قليلة جدًا، بينما يكثر تواجده فى الماء والأسمدة والتربة (Hochmuth ٢٠٠١ب).

مصادر الأسمدة الكيميائية

إن أهم مصادر الأسمدة الكيميائية المستعملة فى الزراعات المحمية ما يلى:

أولاً الأسمدة الآزوتية

السماد	N (٪)	الذوبان (جم/لتر)
نترات النشادر (نترات الأمونيوم)	٣٣	١١٨
سلفات النشادر (كبريتات الأمونيوم)	٢١	٧٠٠
اليوريا	٤٦	٥٠٠
نترات الكالسيوم	١٥,٥	٨٠٠
حامض النيتريك التجارى (٥٥٪)	١٥,٥	كامل
نترات الجير المصرى	١٥,٥	منخفض جدًا
نترات النشادر الجيرية	٣١	منخفض جدًا

يفيد استعمال حامض النيتريك مع مياه الرى بالتنقيط فى خفض pH الماء، الأمر الذى يقلل ترسيب الأملاح فى شبكة الرى، وزيادة فرصة ذوبان وتيسر العناصر الموجودة فى التربة. ويستعمل الحامض بتركيز ٠,٢ فى الألف (أى بمعدل ٢٠٠ مل من الحامض/م^{٣} من مياه الرى).

ويلاحظ أن الأسمدة الآزوتية تتحرك فى التربة إلى المدى الذى تصل إليه مياه الرى، وتفقد بالنسبة نفسها التى تتسرب بها مياه الرى المحتوية على السماد إلى باطن الأرض.

ثانيًا الأسمدة الفوسفاتية

السماد	P_2O_5 (٪)	الذوبان (جم/لتر)
سوبر فوسفات عادى	١٥,٥	٢٠
سوبر فوسفات تربل	٤٥	٤٠
فوسفات ثنائى الأمونيوم	٥٣	٤٢٠
حامض الفوسفوريك التجارى (٧٥٪)	٥٣	(سائل ذائب)

ملحوظة للتحويل من P_2O_5 إلى P يضرب فى ٠,٢٣٦٤، وللتحويل من P إلى P_2O_5 يضرب فى ٢,٢٩١٥.

يقتصر استعمال الأسمدة الفوسفاتية مع مياه الرى على كل من فوسفات ثنائى الأمونيوم (التى تحتوى — كذلك — على نيتروجين بنسبة ٢١٪)، وحامض الفوسفوريك الذى يستعمل بتركيز ٠,٣ فى الألف (٣٠٠ مل من الحامض/م^3 من مياه الرى).

أما أسمدة السوبر فوسفات فهى شحيحة الذوبان فى الماء، وتضاف إلى التربة عند إعداد الحقل للزراعة. ويتميز السوبر فوسفات العادى عن السوبر فوسفات الثلاثى باحتوائه على كميات كبيرة من الكالسيوم والكبريت فى صورة جبس، حيث يبلغ محتوى السماد من الجبس حوالى ٥٠٪

ويلاحظ أن الأسمدة الفوسفاتية المضافة مع مياه الرى لا تتحرك فى التربة إلا لمسافة محدودة تتراوح بين ٤–٥ سنتيمترات فى الأراضى الثقيلة، و ١٨ سنتيمترًا فى الأراضى الرملية الخفيفة، وذلك أيًا كانت كمية المياه المستعملة فى الرية الواحدة، أو نسبة الفاقد من — مياه الرى — بالرشح.

ثالثًا: الأسمدة البوتاسية

تعتبر كبريتات (سلفات) البوتاسيوم أهم مصادر الأسمدة البوتاسية المستعملة فى مصر. وهى تحتوى على K_2O بنسبة ٤٨٪ (للتحويل من K_2O إلى K يضرب فى ٠ ٨٣٠١ وللتحويل من K إلى K_2O يضرب فى ٢٠٤٧ ١)، كما أنها شحيحة الذوبان فى الماء (يبلغ أقصى ذوبان لها فى الماء ٦٢ جم/لتر)، ولذا فإنها لا تستعمل بطريقة

الحقن مع مياه الرى إلا بعد محاولة إذابتها فى الماء الدافئ مع تركها جانبًا لمدة يوم كامل. ثم ترشيحها خلال قطعة من القماش. وأخذ الرائق فقط للتسميد، ولكن معدل الفاقد من السماد (الذى لا يذوب) يكون كبيرًا. ولا تجب محاولة إذابة الرواسب (التى تتكون من رمل، وأتربة، وجبس، وجير ... إلخ)، وإنما تضاف إلى الزراعات المكشوفة.

ولزيادة معدل ذوبان كبريتات البوتاسيوم يضاف إليها أولاً حامض النيتريك التجارى بمعدل لتر من الحامض لكل ٤ كجم من السماد، ويتركان معًا لمدة حوالى ساعتين. ثم يضاف إليهما الماء بمعدل ٤ لترات لكل كيلو جرام من السماد؛ وبذا .. يمكن حقن السماد بسهولة فى ماء الرى دون أية متاعب فى عملية إذابته.

كما يمكن زيادة قابلية سماد كبريتات البوتاسيوم (وكذلك جميع الأسمدة الأخرى الشحيحة الذوبان) بإضافة ١٠٠ مل (سم^{3}) من حامض النيتريك التجارى لكل ٢٠٠ لتر من المياه المستخدمة فى تحضير رائق السماد (يمكن استعمال هذه الطريقة كذلك فى تحضير رائق سماد نترات الجير المصرى، والسوبر فوسفات العادى، والتربل سوبر فوسفات).

رابعًا: مصادر المغنيسيوم والكالسيوم والكبريت

تعتبر كبريتات المغنيسيوم أهم مصدر سمادى للمغنيسيوم، وهو ملح سريع الذوبان (٢٠٠ جم/لتر). ويحتوى على مغنيسيوم (MgO) بنسبة ٩,٦٪ فى ملح كيرزيريت، و ١٨,٣٪ فى ملح إبسوم؛ وهما يختلفان فى عدد جزيئات ماء التبلور.

ويتوفر الكالسيوم للنبات من السوبر فوسفات العادى والجبس الزراعى، ويضاف كلاهما عن طريق التربة لشحة ذوبانهما فى الماء (٢٪ للسوبر فوسفات، و ٠,٢٪ للجبس).

كما يمكن إضافة نترات الكالسيوم مع مياه الرى أو رشها على الأوراق فى الأوقات الحرجة. كذلك يمكن استعمال رائق نترات الكالسيوم الجيرية (المغلفة بالجير) الشحيحة الذوبان حقنًا فى مياه الرى بعد إذابتها فى ماء يحتوى على حامض نيتريك بنسبة ١٠٠ مل من الحامض/٢٠٠ لتر من الماء.

أما الكبريت فيحصل عليه النبات من السوبر فوسفات العادى، والجبس الزراعى، وزهر الكبريت، وكذلك المبيدات الفطرية المحتوية على الكبريت

خامسًا مصادر العناصر الدقيقة

١- الأسمدة المعدنية:

السماد (وجزيئات ماء التبلور)	العنصر الذى يوفره	نسبة العنصر (٪)	الذوبان (جم/لتر ماء)
كبريتات الحديدوز (٧ ماء)	الحديد	٢٠,١	٢٥٠
كبريتات المجنيز (٤ ماء)	المجنيز	٢٤,٦	٥٠٠
كبريتات الزنك (١ ماء)	الزنك	٣٦,٤	٣٣٠
كبريتات النحاس (٥ ماء)	النحاس	٢٥	٢٠٠
البوراكس (١٠ ماء)	البورون	١١,٣	١٠٠
موليبدات أمونيوم (٢ ماء)	الموليبدنم	٥٤	٢٠٠

٢- الأسمدة المخلبية:

من أهم المركبات المخلبية، ونسبة ما يرتبط بها من عناصر دقيقة ما يلى

المركب	حديد (٪)	منجنيز (٪)	زنك (٪)	نحاس (٪)
EDTA	٥-١٤	٥-١٢	٦-١٤	٧-١٣
HEDTA	٥-٩	٥-٩	٩	٤-٩
DTPA	١٠	—	—	—
EDDHA	٦	—	—	—

وجميع الأسمدة المستعملة كمصادر للعناصر الدقيقة يمكن استعمالها رشا أو مع مياه الرى، نظرا لسهولة ذوبانها فى الماء مع قلة الكميات المستعملة منها.

ويفيد التسميد بالرش فى معالجة نقص العناصر المغذية الصغرى، وهو الذى يجب أن يتم بناء على ما قد تُشاهد من أعراض نقص لتلك العناصر وقد تكفى رشة واحدة

لتصحيح الوضع. وقد تلزم عدة رشات. وفي حالة الحديد – على سبيل المثال – يستعمل محلول رش يتكون من ٥٠٠ - ١٠٠٠ مل (سم^٣) من محلول الحديد لكل ٤ لتر من الماء

ويفيد جدول (٧-٧) في تعرف طريقة حساب كميات مختلف الأسمدة إذا علمت الكميات اللازمة من العناصر المغذية، والعكس.

جدول (٧-٧): معاملات التحويل للأسمدة وعناصرها المغذية (Resh ١٩٨١)

عمود (أ)	عمود(ب)	معامل التحويل: من أ إلى ب	معامل التحويل: من ب إلى أ
النيتروجين Nitrogen (N)	أمونيا Ammonia (NH_3)	١,٢١٦	٠,٨٢٢
	نترات Nitrate (NO_3)	٤,٤٢٦	٠,٢٢٦
	نترات بوتاسيوم Potassium nitrate (KNO_3)	٧,٢١٤	٠,١٣٩
	نترات الكالسيوم Calcium nitrate ($Ca[NO_3]_2$)	٥,٨٦٢	٠,١٧١
الفوسفور Phosphorus [P]	فوسفات Phosphate ([PO_4]	٣,٠٦٦	٠,٣٢٦
	فوسفات أحادي البوتاسيوم Monospotassium phosphate [KH_2PO_4]	٤,٣٩٤	٠,٢٢٨
خامس أكسيد الفوسفور [P_2O_5]	فوسفور Phosphorus [P]	٠,٤٣٧	٢,٢٨٩
بوتاسيوم Potassium [K]	أكسيد البوتاسيوم Potash [K_2O]	١,٢٠٥	٠,٨٣٠
	نترات البوتاسيوم Potassium nitrate [KNO_3]	٢,٥٥٩	٠,٣٨٦
	كبريتات البوتاسيوم Potassium sulfate [K_2SO_4]	٢,٢٢٨	٠,٤٤٩
	كلوريد البوتاسيوم Potassium chloride [KCl]	١,٩٠٧	٠,٥٢٤
	فوسفات أحادي البوتاسيوم Monopotassium phosphate [KH_3PO_4]	٣,٤٨١	٠,٢٨٧
أكسيد البوتاسيوم Potash [K_2O]	نترات البوتاسيوم Potassium nitrate [KNO_3]	٢,١٤٧	٠,٤٦٦

تابع جدول (٧-٧).

عمود (أ)	عمود(ب)	معامل التحويل: من أ إلى ب	معامل التحويل: من ب إلى أ
	كبريتات البوتاسيوم Potassium sulfate [K_2SO_4]	١,٨٥١	٠,٥٤٠
	كلوريد البوتاسيوم Potassium chloride [KCl]	١,٥٨٣	٠,٦٣٢
أكسيد الكالسيوم Calcium oxide [CaO]	كالسيوم Calcium [Ca]	٠,٧١٥	١,٣٩٩
كالسيوم Calcium [Ca]	نترات الكالسيوم Calcium nitrate [$Ca(NO_3)_2$]	٤,٠٩٥	٠,٢٤٤
كبريتات المغنيسيوم Magnesium sulfate [$MgSO_4.7H_2O$]	مغنيسيوم Magnesium [Mg]	٠,٠٩٩	١٠,١٣٢
كبريت Sulfur [S]	حامض كبريتيك Sulfuric acid [H_2SO_4]	٣,٠٥٩	٠,٣٢٧

كذلك يلزم تعرف حدود ذوبان الأسمدة المستعملة فى التسميد بعد الزراعة؛ لأنها تضاف مع ماء الرى، وفيما يلى حدود ذوبان بعضها:

السماد	حدود الذوبان (كجم/١٠٠ لتر ماء)
نترات الأمونيوم	١١٨
كبريتات الأمونيوم	٧١
نترات الكالسيوم	١٠٢
كلوريد الكالسيوم	٦٠
فوسفات ثنائى الأمونيوم	٤٣
فوسفات أحادى الأمونيوم	٢٣
نترات البوتاسيوم	١٣
اليوريا	٧٨
البوراكس	١
كبريتات المغنيسيوم	٧١
كبريتات البوتاسيوم	١٠

التسميد السابق للزراعة

يشتمل التسميد السابق للزراعة على كل الأسمدة العضوية، ونحو ١٠٪-٢٠٪ من السماد الآزوتي الكلي المزمع استعماله خلال موسم النمو، و ٢٠٪-٣٠٪ من السماد البوتاسي الكلي، و ٦٠٪-٧٠٪ من السماد الفوسفاتي الكلي.

وتكون إضافة الأسمدة – عادة – بالمعدلات التالية لكل ١٠٠م٢ من مساحة الصوبة:

١م٣ سماد بلدي، أو ١/٢م٣ سماد أغنام أو خيول، أو ١/٥م٣ زرق دواجن

٢٠ كجم سلفات نشادر.

٢ كجم سوبر فوسفات عادى

١٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٥ كجم سلفات مغنيسيوم

١٠ كجم كبريتًا زراعيًا

ويعنى ذلك أن الصوبة العادية التي تبلغ مساحتها ٥٤٠م٢ تعطى قبل الزراعة الكميات التالية من الأسمدة:

٥م٣ سمادًا بلديًا، أو ٢,٥م٣ سماد أغنام أو خيول، أو ١م٣ زرق دواجن

١٠٠ كجم سلفات نشادر

١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى

٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم

٥٠ كجم كبريتًا زراعيًا

يضاف السماد العضوى أولاً فى باطن خطوط الزراعة، ثم تنثر عليه الأسمدة الكيميائية، ثم تخلط الأسمدة كلها معًا ومع تربة المصطبة التى تتم إقامتها، مع إقامة قناه المصطبة فى عملية واحدة

التسميد التالى للزراعة

نوضح فى الفصول الأخيرة من هذا الكتاب البرامج التفصيلية لتسميد كل محصول على حدة

هذا وتحصل نباتات الزراعات المحمية على المحاليل المغذية إما بريها بمحاليل مخففة بلتركيزات المطلوبة — مباشرة — من خزانات كبيرة تخزن فيها تلك المحاليل. وإما بعد حقنها فى مياه الرى من خزانات صغيرة تحوى محاليل سمادية مركزة باستعمال سمادات. بحيث تصل المحاليل المغذية إلى النباتات بالتركيز المناسب يتعين فى حالة الرى المباشر بالمحلول المغذى المخفف ألاّ يقل حجم الخزان عن ٫٢/١م³ للاستعمال فى حالة وجود صوبة واحدة إلى ٨م³ عند وجود عدة صوبات وعلى الرغم من أن زيادة حجم الخزان تعنى ملأه على فترات متباعدة، فإن ذلك قد لا يكون مناسبًا إذا رغب فى تغيير تركيز بعض العناصر قبل نفاذ المحلول المغذى المجهز

أما فى حالة نظام الحقن فإنه يلزم خزانين بحجم ٤٠-٢٠٠م² فقط، يسحب منهما المحلول المغذى المركز ويحقن فى ماء الرى يخصص أحد الخزانين لنترات الكالسيوم. بينما يخصص الخزان الآخر لجميع العاصر المغذية الأخرى مجتمعة. يعد ذلك ضروريًّ لتجنب تفاعل الكالسيوم مع الفوسفور عندما يتواجدا معًا بتركيز عال، وخاصة عندما يكون pH الماء عاليًا. حيث تتكون فوسفات الكالسيوم غير الذائبة التى تسد السمادة والنقاطات. ومثل هذا التفاعل لا يحدث فى المحاليل المخففة. وإذا كان pH الماء أعلى من ٨ ٥ ، يكون من المفضل استعمال خزان ثالث بحاقنة لحقن أحد الأحماض لخفض رقم الـ pH إلى ٥,٦-٥.٨ (Snyder ١٩٩٣)

التربية الرأسية

تُعرف تربية النباتات — مثل الطماطم والخيار والكنتالوب والفاصوليا — لتنمو رأسيًا باسم trellising يفيد ذلك — إلى جانب زيادة الكثافة النباتية والمحصول — فى تحسين

استقبال النموات الخضرية للضوء الساقط عليها، ويجعل من الأسهل إجراء عملية الحصاد. ويحسن التلقيح، ويقلل من الأضرار التي تحدث للنموات الخضرية أثناء الحصاد.

تُعرف عدة طرق للتربة الرأسية لمحاصيل مثل الكنتالوب والبطيخ والفاصوليا، منها، ما يلي:

١- استعمال شباك من البلاستيك (النيلون) بفتحات ١٥ × ١٧,٥ سم، وبارتفاع حوالي ١٨٠ سم من المصطبة، وتصلح تلك الطريقة لكل من النموات الخضرية التي تُقلَّم والتي لا تقلَّم. يتعين تثبيت هذه الشباك في سلكين يمتدان بطول المصطبة، يكون أحدهما قريبًا من سطح الأرض والآخر على ارتفاع حوالي مترين. يتم توجيه النموات الخضرية على الشباك مع تثبيتها بمشابك خاصة، أو الاعتماد على المحاليق التي تلتف حول الشبك دونما حاجة إلى تدخل الإنسان. ويتعين أن يؤخذ في الحسبان أن الحمل الذي يقع على السلك العلوي يمكن أن يصل إلى حوالي ٢٠ كجم لكل متر طولي من السلك.

٢- التوجيه على خيوط رأسية:

تتبع هذه الطريقة عندما تقلم النموات الخضرية لكي تربى على ساق واحدة أو ساقين، ويستعمل فيها خيوط من النيلون (بولي بروبلين) تربط في سلك علوي يمتد بطول المصاطب على ارتفاع حوالي ١٨٠-٢١٠ سم من سطح الأرض، ويثبت الخيط من أسفل إما بخطاف سلكي يغرس في التربة، وإما بربطة في قاعدة الساق التي توجه لتنمو عليه، وتثبت به باستعمال مشابك بلاستيكية خاصة. وبعدما تصل ساق النبات إلى السلك العلوي، فإنها يمكن أن توجه للنمو إلى أسفل على خيط آخر.

وبينما يكون لبعض أصناف الكنتالوب أعناقًا ثمرية قوية، يمكن أن تتحمل ثقل الثمار النامية. فإن معظم أصناف الكنتالوب وكل أصناف البطيخ تتطلب وسيلة لحمل ثمارها أثناء نموها. تكون غالبًا شباكًا بلاستيكية صغيرة أو أكياسًا من الشاش. ويمكن ربط تلك الأكياس بالسلك العلوي، بحيث تكون قاعدتها عند مستوى الثمرة النامية التي

يُراد حملها يجب ٰن تسمح الأكياس بنفاذ الضوء من خلالها ، وألاّ تحتفظ بالرطوبة (Jett ٢٠٠٨– الإنترنت)

هذا   وتعرف طرق أخرى لتربية مختلف المحاصيل. مثل الطماطم والفلفل والقرعيات ، نتناولها بالشرح تحت كل محصول على حدة.

الفصل الثامن

أسس مكافحة الأمراض والآفات

مقدمة

لا تختلف الأسس العامة لمكافحة الآفات فى الزراعات المحمية كثيرًا عما فى الزراعات المكشوفة، إلا أن الطبيعة المغلقة للبيوت المحمية وزيادة التكلفة الإنتاجية للمتر المربع الواحد من البيت يجعلان من الممكن – بل ومن الضرورى أحيانًا – اتباع طرق معينة فى المكافحة قد يستحيل إجراؤها فى الزراعات المكشوفة، ويكون إجراؤها أمرًا غير اقتصادى.

تعد بيئة البيوت المحمية مثالية لتطبيق مبدأ المكافحة المتكاملة للآفات؛ فيشكل كل بيت حيزًا مغلقًا ومنعزلاً عن البيئة الخارجية؛ يمكن التحكم فيه، خاصة فيما يتعلق بإطلاق الأعداء الحيوية للقضاء على الآفات المختلفة، سواء أكانت حشرية، أم مرضية، أم غير ذلك؛ إذ يمكن التحكم فى درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والرطوبة الأرضية بدرجة كبيرة، وتعديل أى منها لتصبح فى المجال غير المناسب لآفات معينة، كذلك تحتوى معظم الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية على مقاومة وراثية لمعظم الأمراض. ويمكن الوقاية من بعض الأمراض بسهولة؛ وذلك باتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول مسببات الأمراض إلى داخل البيت . ومع أن المكافحة الكيميائية يتم التحكم فيها بصورة جيدة فى الزراعات المحمية – وذلك نظرًا لعدم وجود مشاكل أمطار، أو رياح قوية، تحد من فاعلية الرش – إلاّ أن لها مساوئها الخاصة فى الزراعات المحمية؛ فقد يُحدث استخدام المبيدات مثلاً أثناء ضعف شدة الإضاءة أو ارتفاع درجة الحرارة تسممًا للنباتات، وهو ما يعرف باسم Phytotoxicity. كما أن قطف الثمار يستمر لفترة طويلة لا يجوز خلالها المكافحة بالمبيدات الخطرة على صحة الإنسان.

وعلى الرغم من أن هذا الفصل يتضمن بعض أساليب المكافحة التى لم ترد فى كتابى "الأساليب الزراعة لمكافحة أمراض، وآفات، وحشائش الخضر" (حسن ٢٠١٠)، إلا أنه ليس بديلاً عنه، وتعد الإحاطة بما جاء فى كليهما أمرًا ضروريًا للسيطرة على أمراض وآفات الخضر فى الزراعات المحمية.

استعراض لوسائل المكافحة فى الزراعات المحمية

إجراءات عامة

تتضمن المكفحة المتكاملة للآفات فى الزراعات المحمية الإجراءات التالية

١- برنامج للمراقبة وتتبع الإصابة Scouting أو Monitoring . يتضمن:

أ- فحص نباتات فردية.

ب- استعمال الكروت اللاصقة الصفراء أو الزرقاء أو الوردية القاتمة اللون

جـ- زراعة النباتات الدالة indicator plants

٢- التعرف على الآفة ومراحل حياتها.

٣- تسجيل النباتات للتعرف على الاتجاهات وتوجيه برنامج المكافحة المتكاملة.

٤- استخدام أساليب الاستبعاد لمنع دخول الآفة إلى مكان الإنتاج، فتستخدم — مثلاً — شباك السيران لمنع دخول المنّ والذباب الأبيض والتربس من خلال الأبواب وفتحات التهوية

٥- اتباع الممارسات الزراعية لأجل منع المشاكل، مثل إجراء اختبارات التربة واتباع أساليب النظافة العامة

٦- اللجوء إلى المكافحة البيولوجية باستعمال كائنات حية من شأنها خفض تواجد الآفة المستهدفة.

٧- استعمال منظمات النمو الحشرية والمبيدات الحشرية التى تتعارض مع تطور النمو الحشرى الطبيعى أو مع عملية الانسلاخ

٨- المكافحة الكيميائية:

أ- الاختيار المناسب للمبيدات.

ب- التوقيت المناسب للمعاملة بالمبيدات.

جـ- اختيار الطريقة المناسبة للمعاملة بالمبيدات.

٩- اتباع الأساليب التى تساعد على زيادة فرصة نجاح برنامج المكافحة المتكاملة مثل

أ- تغطية كل السطوح غير المزروعة (وكذلك المزروعة فى حالة المزارع المائية) بالخرسانة أو بالبلاستيك الأسود.

ب- عدم دخول الأفراد إلا للضرورة القصوى.

جـ- بسترة بيئة الزراعة.

د- غلق الأبواب دائمًا (Integrated Pest Management for Greenhouse - أترا Attra - الإنترنت - ٢٠٠٧).

١٠- تعقيم أو بسترة التربة بالتشميس:

نتناول شرح هذا الموضوع بالتفصيل فى موضع آخر، وكمثال تطبيقى على الزراعات المحمية، وجد أن تعقيم أو بسترة التربة بالتشميس solarization فى البيوت البلاستيكية أعطى - فى إيطاليا - مكافحة جيدة لكل من *Verticillium dahliae*، و *Pyrenochaeta lycopersici*، و *Meloidogyne* spp. (Cartia وآخرون ١٩٩١- FAO Production and Protection Bulletin 109 - الإنترنت).

إجراءات محدودة التوقيت أو الأهداف

إن من أهم ما تجب مراعاته بشأن مختلف جوانب المكافحة المتكاملة فى الزراعات المحمية، ما يلى:

أولاً: قبل بدء موسم الزراعة:

١- العمل على توفير مدة شهر كامل قبل الزراعة يكون خاليًا من أى زراعات أو أى نمو للحشائش.

٢- تطهير كافة الأسطح

٣- التخلص من بيئات الزراعة التى سبق استعمالها أو تعقيمها

٤- تطهير شبكة الرى

ثانيًا: عند إنتاج الشتلات:

١- يجب الحصول على البذور من مصادر موثوق بها ويتعين غمر بذور الطماطم — وغيرها من بذور الخضر — لمدة ٤٠ دقيقة فى محلول ٢٠٪ كلوراكس تجارى (الذى يحتوى على ٥٫٢٥ ٪ هيبوكلوريت الصوديوم)، على أن تجفف البذور بعد ذلك بوضعها فى كيس قماشى، ثم وضع الكيس فى مجفف للملابس دون رفع درجة حرارة المجفف

٢- تجنب فصل الشتلات التى ترجع إلى مصادر مختلفة عن بعضها البعض لتجنب حدوث أى تلوث بينها

٣- يجب غسيل الأيدى والأدوات بمحلول كلوراكس تجارى بتركيز ٥٪، أو بالماء والصابون قبل تداول مجموعة جديدة من الشتلات

٤- استعمال بيئة زراعية جديدة أو بيئة عُقِّمت بالبخار فى إنتاج الشتلات

٥- زراعة الأصناف المقاومة للأمراض، واستعمال الأصول المقاومة ما أمكن ذلك.

٦- إنتاج الشتلات فى صوبة منفصلة عن صوبات إنتاج المحصول

ثالثًا: عند إنتاج المحصول:

١- الاحتفاظ بسجل يومى لكل عمليات الخدمة الزراعية ودرجات الحرارة الدنيا والعظمى وتواريخ مختلف مراحل النمو

٢- اختبار مياه الرى لمدى تواجد الكربونات والعناصر التى يمكن أن تتعارض مع بقاء الـ pH مناسبا لأجل ذوبان الأملاح السمادية

٣- قياس pH الماء قبل إضافة الأسمدة للتأكد من إمكان ذوبانه، وكذلك قياس pH المحلول السمادى المستعمل، وذلك بصفة دورية.

٤- إجراء تحليل شهرى للنموات الخضرية للتأكد من سلامة برنامج التسميد.

٥- تعديل برنامج التسميد تبعًا لنتائج تحليل النموات الخضرية.

٦- استعمال جهاز لقياس درجة التوصيل الكهربائى لمتابعة تركيز المحلول المغذى.

رابعًا: مكافحة الآفات بصورة عامة:

١- عدم زراعة أكثر من محصول واحد فى الصوبة الواحدة.

٢- عدم السماح بنمو أى حشائش فى الصوبة.

٣- مراقبة الإصابات المرضية والحشرية أسبوعيًا.

٤- المحافظة على سجلات لمراقبة الإصابات وكذلك لعمليات الرش لأجل المكافحة.

٥- المحافظة على وجود مساحة خالية من النمو النباتى حول الصوبة.

٦- فحص النباتات المزمع زراعتها لدى استلامها، وعزل تلك التى تظهر عليها علامات الإصابة المرضية أو الحشرية.

خامسًا: مكافحة الأمراض:

١- خفض الكثافة النباتية لأجل توفير التهوية الكافية حول النباتات.

٢- توفير تهوية جيدة لخفض تكثف الماء وخفض الرطوبة النسبية.

٣- إزالة جميع الأوراق التى تتواجد أسفل العناقيد الثمرية العاقدة والتخلص منها خارج الصوبة تقطع الأوراق من المكان الذى يحدث فيه الانفصال الطبيعى عند شيخوختها.

٤- إزالة أى أوراق أو ثمار مصابة بالأمراض والتخلص منها خارج الصوبة.

٥- عدم السماح بالتدخين لأى فرد يمكن أن يلمس النباتات أو هياكل الصوبة.

٦- قيام أى فرد يلامس النباتات بغسيل يديه، مع تطهير الأدوات قبل دخولها الصوبة

٧- لا تتم المعاملة بمبيدات إلاّ عند بداية ظهور المرض

٨- التربية الرأسية بهدف سرعة جفاف النموات الخضرية وخفض الرطوبة النسبية حولها وعلى سبيل المثال – أفادت تربية الأصناف الطويلة من الفاصوليا رأسيًا – حتى مع زيادة كثافة الزراعة – فى خفض شدة الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض (Saindon وآخرون ١٩٩٥).

٩- خفض الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية إلى أدنى مستوى ممكن بمراعاة ما يلى

أ- تغطية سطح التربة بشريحة بلاستيكية بيضاء

ب- عدم بلّ النموات الخضرية أثناء الرى

جـ- تجنب تراكم الماء على سطح التربة

د- إدخال هواء جديد باستمرار فى الصوبة عندما تكون مراوح الشفط فى حالة توقف

هـ- الاهتمام التام بالتهوية الجيدة للصوبة.

١٠- بمجرد الانتهاء من حصاد المحصول، تُطهر الصوبة بمراعاة ما يلى.

أ- إزالة كل النموات النباتية الهوائية والجذرية والتخلص منها فى كومة كومبوست.

ب- غسيل كل الأسطح والأدوات والمعدات المستخدمة فى الصوبة بتيار قوى من الماء

جـ- حراثة التربة وإزالة أى متبقيات نباتية قد تتواجد فيها.

د- تعقيم التربة بالتشميس لمدة أسبوعين صيفًا بعد ترطيبها جيدًا وتغطيتها بالبلاستيك، على ألا تقل حرارة الصوبة خلال تلك الفترة عن ٦٣°م نهارًا، مع بقاء الرطوبة عالية (Averre وآخرون ٢٠٠٠)

سادسًا: مكافحة الحشرات:

١- وضع شباك (سيران) على جميع الفتحات.

يجب وضع شبك بلاستيكى حول وسائد التبريد وعلى فتحات التهوية لمنع تسرب

الحشرات إلى داخل الصوبة. تفيد تلك الشباك في منع دخول الحشرات الكبيرة كالفراشات والخنافس ونطاطات الأوراق. ولكنها لا تفيد في منع تسرب الحشرات الصغيرة مثل التربس. ويؤدى استعمال شباك دقيقة جدًّا – لأجل منع تسرب الحشرات الدقيقة – إلى إعاقة حركة الهواء خلال وسائد التبريد، ومن خلال فتحات التهوية. ويمكن التغلب على تلك المشكلة بوضع الشباك الدقيقة على هيكل أكبر من الوسادة أو فتحة التهوية، بحيث تزداد المساحة التي يمكن أن يسحب أو يطرد من خلالها الهواء.

٢- وجد أن أكثر من ٩٧٪ من أفراد الذبابة البيضاء التي تدخل البيوت المحمية يكون – دخولها – في الخريف حينما تكثر أعدادها – فيما بين السابعة صباحًا والواحدة بعد الظهر، ويحدث ذلك – غالبًا – من فتحات التهوية السقفية، مع تضاعف مخاطر دخولها من فتحات التهوية المقابلة لاتجاه الريح، مقارنة بالفتحات الأخرى. وبالمقارنة فإن نحو ٨٥٪ من التربس الداخل للصوبة كان دخوله في الصباح، مع نحو ١٠٪ عند الغروب. ولم يحدث أي طيران للتربس عندما زادت سرعة الرياح عن ١٠ كم/ساعة. وتفيد تلك المعلومات في تصميم فتحات التهوية ومحاولة إغلاقها في الفترات التي تنشط فيها الذبابة البيضاء والتربس في دخولها (Ben-Yakir وآخرون ٢٠٠٨).

٣- مراقبة أعداد الحشرات باستعمال كروت صفراء لاصقة مع تسجيل الأعداد أسبوعيًّا وتغيير الكروت كلما تطلب الأمر ذلك.

٤- إطلاق الأعداء الطبيعية المناسبة بالمعدلات وعلى الفترات الموصى بها مع بداية ظهور أولى علامات الآفة المطلوب مكافحتها.

٥- لا تُستعمل المبيدات الحشرية إلا ضد الآفات التي لا تتوفر لها أعداء طبيعية (عن Elements of IPM for greenhouse tomatoes in NY State – الإنترنت – ٢٠٠٨).

ولقد أمكن على سبيل المثال حماية الطماطم من الإصابة بفيرس ذبول الطماطم

المتبقع الذى ينقله التربس *Frankiniella accidentalis* بزراعتها فى بيوت مغطاة بشبك ١٤ × ١٠ خيط/سم (Diez وآخرون ١٩٩٩).

التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من الأغطية البلاستيكية

يمكن عن طريق الغطاء البلاستيكى للبيوت المحمية التحكم فى أطوال الموجات الضوئية التى يُسمح بنفاذها، الأمر الذى يمكن أن يؤثر فى نمو وتجرثم عديد من الفطريات المرضة للنباتات. فمن المعروف منذ ستينيات القرن العشرين أن الأشعة فوق البنفسجية — وخاصة فى المدى الموجى من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانو ميتر (أى الـ UV-B) — تؤثر فى تجرثم كثير من الأجناس الفطرية، مثل: *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Cercospora*، و *Cercosporella*، و *Fusarium*، و *Helminthosporium*، و *Stemphylium*، و *Trichoderma* وربما يكون للضوء الأزرق تأثير حاث للتجرثم كما فى *Trichoderma viride*، و *Verticillium agaricinum*، أو تأثير مثبط كما يحدث مع *Alternaria cichorii*، و *Alternaria tomato*، و *Helminthosporium oryzae*، وقد وجد أن تجرثم *Botrytis cinerea* يُستحث بواسطة الأشعة البنفسجية UV-B، ويُثبط بواسطة الضوء الأزرق كما وجد تأثير عكسى لكل من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية على كل من إنتاج الحوامل الكونيدية وعلى المراحل الأخيرة للتجرثم فى الفطريات كذلك وجد أن التعريض للضوء الأزرق يثبط إنتاج الجراثيم الأسبورانجية فى أوراق الخيار المصابة بالفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

كذلك أظهرت الدراسات أن تعريض مزارع الفطر *B. cinerea* لومضات قصيرة من الضوء الأحمر يثبط التجرثم، بينما يؤدى تعريضها لومضات الأشعة تحت الحمراء إلى تحفيز التجرثم كذلك فإن التجرثم الذى يحدث فى الظلام يمكن تثبيطه بالتعريض بعد ذلك للضوء الأزرق. وهذا التثبيط يبدأ بتحول صبغة ميكوكروم mycochrome من صورة M_B التى تستحث التجرثم إلى صورة M_{NUV} التى تثبطه (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ويُستعمل فى معظم البيوت البلاستيكية أغطية بلاستيكية تحتوى على مواد تعترض الأشعة فوق البنفسجية بهدف زيادة طول فترة حياة الغطاء، الذى يكون منفذًا للأشعة النشطة فى البناء الضوئى. تنقسم تلك الأغطية إلى فئتين تعترض إحداهما معظم الموجات الضوئية التى تكون بطول ١٦٠ نانوميترًا أو أقصر من ذلك (306 nm>)، بينما تعترض الثانية الموجات الضوئية التى تكون بطول ٣٨٠ نانوميترًا أو أقل (380 nm>).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الأغطية الـ 380 nm> تقلل من تجرثم الفطر *Botrytis cinerea*، وتقلل من أعداد الآفات الحشرية، ومن الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات (عن Costa وآخرين ٢٠٠١).

كما وجد أن الأغطية الـ 380 nm> تتميز – كذلك – بأنها تزيد من دوام حيوية جراثيم الفطر *Beauveria bassiana* المستعمل فى المكافحة الحيوية، وذلك مقارنة بحالة الجراثيم عند استعمال الأغطية الـ 360 nm> (Costa وآخرون ٢٠٠١).

إن بداية التفكير فى مكافحة الإصابات المرضية فى البيوت المحمية بالتحكم فى الطول الموجى للضوء النافذ من خلال الغطاء كانت فى عام ١٩٧٣، وذلك بالنسبة للفطر *Botrytis cinerea*.

وقد أدت تغطية البيوت المحمية بأغشية فينيل vinyl films ماصة للأشعة فوق البنفسجية – ذات الموجات الضوئية الأقصر من ٣٩٠ نانوميتر – إلى المكافحة الجزئية للعفن الرمادى – الذى يسببه الفطر *B. cinerea* – فى كل من الطماطم والخيار، مقارنة بالوضع فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية غير ماصة للأشعة فوق البنفسجية.

وقد أدى استعمال الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى تثبيط تطور تكوين أبوثيسيا apothecia الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* – مسبب مرض عفن الساق – فى كل من الباذنجان والخيار. وكذلك تثبيط تجرثم الفطر *Alternaria dauci* مسبب مرض لفحة الأوراق فى الجزر، و *A. porri* مسبب مرض لفحة الأوراق فى بصل ويلز *Allium fistulosum*. و *A. solani* مسبب مرض اللفحة المبكرة فى الطماطم، و *Botrytis*

squamosa مسبب مرض لفحة الأوراق فى الشيف الصينى *Allium tuberosum*، وقد صاحب تلك التأثيرات انخفاض فى شدة الإصابات المرضية فى شتى المحاصيل المذكورة

كذلك وجد أن استعمال أغشية من البوليثيلين الأزرق لغطاء البيوت المحمية — بدلاً من الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية أحدث خفضًا واضحًا فى انتشار البياض الزغبى — الذى يسببه الفطر *Pseudopernospora cubensis* — فى الخيار، حيث لم ينتشر الفطر إلاّ فى الأوراق الحديثة فى قمة النبات (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

وأدى استعمال غطاء من البوليثيلين المضاف إليه صبغة زرقاء اللون (ذات قدرة على امتصاص الطيف الأزرق تبلغ ذروتها عند ٥٨٠ نانو مترًا) أدى استعمالها فى إنتاج الخيار فى البيوت المحمية إلى تثبيط جوهرى فى إصابة النباتات بالفطر *P cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى، وفى قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية، بينما أدت فلترة الطيف فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية (٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانومترًا) — أى جعله يسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية — إلى تحفيز الإصابة بالفطر دون التأثير على قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية. هذا إلا أن محصول الخيار لم يزدد جوهريًا تحت الغطاء الأزرق — على الرغم من انخفاض شدة الإصابة بالبياض الزغبى — وربما كان ذلك بسبب انخفاض شدة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى تحت الغطاء البلاستيكى الأزرق (Reuveni & Raviv ١٩٩٧).

ولقد وجد أن امتصاص الـ UV-B كان فعّالاً فى تثبيط تكوين الأكياس الاسبورانجية sporangia للفطر *P cubensis* عندما كان ذلك الامتصاص مقرونًا — كذلك — بامتصاص للموجات الضوئية فى منطقة الضوء الأخضر والأصفر، ولكنه لم يكن مؤثرًا خلال مرحلة الإصابة الفطرية للنباتات هذا بينما أدى خفض شدة الضوء الأخضر/الأصفر الذى يصل للفطر والنبات إلى التأثير على كل من مراحل التطور الفطرى والإصابة، وخفّض جوهريًا شدة الإصابة بالبياض الزغبى فى الخيار وعلى الرغم من انخفاض شدة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى PAR بسبب امتصاص الأشعة فى المدى الموجى الأخضر والأصفر، فإن

المحصول لم ينخفض، ربما بسبب أن الأغشية الزرقاء خفضت من شدة الإصابة بالمرض (Raviv & Reuveni ١٩٩٨)

إن أغلب الأغشية المعاملة ضد الأشعة فوق البنفسجية تمنع نفاذ غالبية الأشعة فوق البنفسجية التى تقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر، إلا أن بعض المواد التى تُعامل بها الأغشية يمكنها منع نفاذ الموجات التى يقل أطوالها عن ٣٨٠ نانوميتر. وقد أدى استخدام تلك الأغشية الأخيرة إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء والمنّ والتربس على الخضروات النامية تحتها مقارنة بالأعداد التى إصابتها تحت الأغشية التى تمنع نفاذ الأشعة التى يقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر. ويُعتقد أن ذلك الخفض فى أعداد الحشرات كان له علاقة بحدوث تحور فى النظام الحشرى الطبيعى لاستخدام الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية أثناء الطيران والتوجه نحو العوائل. وقد تبين من حشرات الذبابة البيضاء العادية وذبابة البيوت المحمية البيضاء وتربس الأزهار الغربى تفضل دخول البيوت المحمية التى تسمح أغطيتها بنفاذ قدر أكبر من الأشعة فوق البنفسجية (Costa وآخرون ٢٠٠٣)

ومن الأمثلة الأخرى للدراسات التى أجريت على التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من خلال أغطية البيوت المحمية لأجل مكافحة الأمراض، ما يلى:

- أدى استعمال غشاء بلاستيكى يمتص الأشعة فوق البنفسجية فى الزراعات المحمية للسبانخ إلى إحداث نقص كبير فى إصابة النباتات بالذبول الفيوزارى وفطريات الذبول الطرى *Pythium* spp، و *Fusarium* spp، و *Rhizoctonia* spp، وذلك مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول (Naito & Honda ١٩٩٤).

- انخفضت أعداد الذبابة البيضاء المتواجدة على النباتات فى البيوت المحمية البلاستيكية المغطاة بأغشية الفينيل vinyl films المتصة للأشعة فوق البنفسجية عما فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية الفينيل العادية (Shimaa ١٩٩٤).

- أدى استعمال أغطية بلاستيكية مانعة للأشعة فوق البنفسجية فى البيوت المحمية

إلى إحداث خفض كبير فى أعداد الحشرات الرئيسية: صانعات الأنفاق *Liriomyza trifolii*، وتربس الأزهار *Frankliniella occidentalis*، والذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*، وكذلك خفض معدلات الإصابات الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات (Antignus وآخرون ١٩٩٦)

• درس تأثير ستة أنواع من شرائح البوليثيلين توجد بها صبغة زرقاء أو لا توجد، وأقصى امتصاص لها فى منطقة الضوء الأصفر (٥٨٠ نانوميتر) فى توافقات مع ثلاثة مستويات من الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية UV-B (من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانوميتر). دُرس تأثيرها على إنتاج الفطر *Pseudoperonospora cubensis* للجراثيم الاسبورانجية واستعمارد لنباتات الخيار فى غرف النمو، وكذلك على وبائية الإصابة بالبياض الزغبى فى البيوت المحمية أحدثت إضافة الصبغة الزرقاء للأغشية تثبيطًا جوهريًا فى إنتاج الفطر للجراثيم الاسبورانجية وفى قدرته على استعمار نباتات الخيار، بينما أسرع ترشيح المدى الموجى للأشعة فوق البنفسجية من استعمار الفطر للنباتات دون أن يكون لذلك تأثير على إنتاج الجراثيم. وقد تأخر ظهور أول أعراض المرض على النباتات تحت الأغطية البلاستيكية الزرقاء، ومن ثم انخفضت حدة الإصابة جوهريًا بالمرض (Reuveni & Raviv ١٩٩٧)

• يستدل من دراسات Naito وآخرين (١٩٩٧) أن تعريض نباتات السبانخ للأشعة فوق البنفسجية UV-B تحفز إصابتها بالذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f sp *spinaciae*.

• بينما كان تعريض أوراق الفول الرومى للضوء الأحمر فعّالاً فى الحد من إصابتها بالفطر *Botrytis cinerea*، فإن تلك المعاملة لم يكن لها تأثير على الفطر فى البيئات الصناعية، مما يدل على أن معاملة الأوراق تسببت فى تراكم مركب أو مركبات مضادة للفطريات كانت هى المسئولة عن مقاومتها للفطر *B. cinerea*. وقد تبين — كذلك — أن تراكم تلك المركبات يزداد — فى الضوء الأحمر — مع العدوى بالفطر (Islam وآخرون ١٩٩٨).

● أدى استعمال غطاء فينيل ماص للأشعة فوق البنفسجية UV-absorbing film إلى تثبيط تجرثم كلاً من *Botrytis cinerea*، و *Sclerotina sclerotiorum*، و *Alternaria solani*. وخفض شدة الإصابة بها على الطماطم بنسبة ٦٠٪–٧٠٪ تحت ظروف الحقل (Shim وآخرون ١٩٩٨).

● أدى استعمال شرائح من البولى إثيلين قادرة على منع نفاذ الأشعة ذات الطول الموجى حتى ٤٠٥ نانوميتر (near ultra violet light) إلى إحداث خفض شديد فى إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر *Botrytis cinerea*، مع خفض مماثل فى نسبة الإصابة بالعفن الرمادى فى كل من الفاصوليا والفراولة (West وآخرون ٢٠٠٠).

● أدت معاملة بادرات الطماطم والفلفل والقرع العسلى بالضوء الأحمر إلى خفض معدل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Phytophthora* sp. بنسبة وصلت إلى ٧٩٪، حيث أصيبت ٢١٪ إلى ٣٦٪ من البادرات التى عُوملت بالضوء الأحمر، مقارنة بإصابة ٧٨٪ إلى ١٠٠٪ من نباتات الكنترول (Islam وآخرون ٢٠٠٢).

● أدى استعمال الأغشية البلاستيكية المتصة للأشعة فوق البنفسجية إلى الحد من أعداد المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، و *Acyrthosiphum lactucae* وتأخير استعماره لزراعات الخس المحمية، مع تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بالفيروسات التى ينقلها المنّ (أساسًا الـ poty viruses)، كما أحدث استعمال تلك الأغشية خفضًا مماثلاً فى أعداد التربس *Frankliniella occidentalis* وانتشار فيرس ذبول الطماطم المتبقع، هذا إلاّ أن الغطاء لم يكن مؤثرًا على أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء (Diaz وآخرون ٢٠٠٦).

● أدى استعمال الأغطية البلاستيكية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء جوهريًا إلى صفر–٠,٥ ذبابة لكل ورقة طماطم فحصت، مقارنة بـ ١–٥ ذبابات لكل ورقة عندما استعملت الأغطية البلاستيكية التقليدية، وصاحب ذلك انخفاض فى نسبة الإصابة بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم إلى صفر ٪–٢٥٪ تحت الأغطية الماصة للأشعة فوق البنفسجية، مقارنة بـ ٤٪–٧٠٪ إصابة تحت الأغطية التقليدية (Rapisarda وآخرون ٢٠٠٦).

• أوضحت دراسات Islam وآخرون (٢٠٠٨) أن الضوء الأحمر يستحث المقاومة الجهازية لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* فى نبات الـ *Arabidopsis*.

• كذلك فإن الأشعة تحت الحمراء تصل إلى سطح الأرض نهارًا مع الأشعة الشمسية فى موجات تتراوح أطوالها بين ٧٥٠ نانوميترًا و ٢٠٠٠ نانوميتر، وتؤدى إلى رفع حرارة التربة والنباتات وفى المقابل تفقد التربة والنباتات حرارتها ليلاً فى صورة أشعة تحت حمراء يتراوح أطوال موجاتها بين ٧٠٠٠–١٤٠٠٠ نانوميتر، الأمر الذى يؤدى إلى برودة البيوت المحمية ليلاً عندما تكون أغطيتها منفذة لهذه الأشعة.

ولانخفاض درجة الحرارة ليلاً تأثيراته المباشرة وغير المباشرة على إصابة النباتات بالأمراض، فالنباتات تكون أضعف نموًا وأكثر قابلية للإصابات المرضية. كما أن الهواء يكون أكثر تشبعًا بالرطوبة — بسبب انخفاض درجة الحرارة — الأمر الذى يناسب معظم إصابات النموات الخضرية المرضية.

• وقد وجد Vakalounakis (١٩٩٢) أن نفاذية غطاء الصوبة للأشعة تحت الحمراء ليلاً كانت ٧,٣٪ فقط عند استعمال غطاء فينيل vinyl ماص لهذه الأشعة، بينما وصلت إلى ٥٠,٩٪ عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى. وقد صاحب ذلك انخفاض فى الإصابات المرضية (الندوة المبكرة التى يسببها الفطر *A. solani*، وعفن الأوراق الذى يسببه الفطر *Cladosporium fulvum*، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*) بنسبة تراوحت من ٤٠٪–٥٠٪ عندما استعمل الغطاء غير المنفذ للأشعة تحت الحمراء، كما كانت النباتات أقوى نموًا وأكثر تبكيرًا فى الحصاد بنحو شهرين مما كانت عليه الحال عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى.

تعقيم التربة والمواد والبيئات المستخدمة فى الزراعة

يعد تعقيم التربة — وكذلك تعقيم المواد والبيئات المستعملة فى إنتاج الشتلات — أمرًا روتينيًا وضروريًا فى الزراعات المحمية، وقد تناولنا هذا الموضوع بإسهاب فى حسن (٢٠١٠)، كما أشرنا إليه فى الفصل السابق

استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة

قورن تأثير استخدام المبيدات الفطرية باستخدام الغطاء البلاستيكي لتربة البيوت المحمية على إصابة كل من الطماطم بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب الندوة المتأخرة. والخيار بالفطر *Pseudoperonospora cubensis* مسبب مرض البياض الزغبي. في الطماطم لم يكن استعمال المبيدات الفطرية فعّالاً بصورة دائمة، بينما كان استعمال الغطاء البلاستيكي للتربة فعّالاً بصورة جوهرية ومستمرة، وكان التأثير المشترك لكليهما إضافي. ولم يكن للون البوليثيلين المستخدم تأثيرًا في هذا الشأن. وبالنسبة للخيار، فإن استعمال الغطاء البلاستيكي للتربة كان فعّالاً — كذلك — في الحد من إصابته بالبياض الزغبي، إلا أن تأثيره لم يكن بنفس قوة تأثيره في حماية الطماطم من الإصابة بالندوة المتأخرة ويبدو أن تأثير الملش في الحد من الإصابات المرضية كان مرده إلى تقليل فترة ابتلال الأوراق، لأن استعمال الملش أدى إلى تقليل كل من عدد الليالى التى تكوّن فيها الندى، وعدد الساعات التى ظهر فيها الندى عندما حدث. كذلك أدى الملش إلى خفض الرطوبة النسبية حول النموات الهوائية، الأمر الذى ربما قلل من تجرثم الفطرين المرضين (Shtienberg وآخرون ٢٠١٠).

استعمال بيئات للزراعة تستحث مقاومة الأمراض

تُعطى شجرة الـ Sugi (وهى *Cryptomeria japonica*) — التى تتواجد بكثرة فى اليابان ودول آسيوية أخرى — كميات كبيرة من القلف. لم يمكن استخدام هذا القلف فى الكومبوست نظرًا لأنه لا يتحلل بسهولة، ولكن أمكن استخدامه فى المزارع اللاأرضية بدلاً من الصوف الصخرى، حيث تُملأ به الوسائد. لم يختلف نمو نباتات الطماطم فى وسائد هذا القلف مقارنة بنموها فى الصوف الصخرى، إضافة إلى أن استعمال القلف خفض — بشدة — من الإصابة بكل من الذبول الفيوزارى (*Fusarum oxysporum* f. sp. *lycopersici*)، وعفن التاج والجذر الفيوزارى (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*)، والذبول البكتيرى (*Ralstonia solanacearum*)، وكان القلف

الحديث أكثر تأثير على تلك المسببات المرضية عن القلف القديم، وتبين أن مستخلص القلف كان مثبطًا لكل من الـ *Fusarium* والـ *Pseudomonas*، وأن مستخلص القلف الحديث كن أقوى تأثيرًا عن مستخلص القلف القديم، وأن التأثير كان مرده إلى زيوت طيارة وفينولات ومواد حامضية توجد بالقلف ووجد أن أهم المكونات المؤثرة فى الزيت كانت الـ isophyllodecene، والـ ferruginol وعندما حقنت زيوت طيارة من أوراق الـ sugi فى الصوف الصخرى، فإن ذلك أدى إلى تثبيط الإصابة بالذبول البكتيرى (Yu وآخرون ١٩٩٧)

استعمال أصول مقاومة للأمراض الهامة

يراجع الموضوع فى الفصل السابع من هذا الكتاب، وتحت مختلف المحاصيل فى الفصول التالية

التغطية بالشباك غير المنفذة للحشرات

تستعمل لذلك شباك ذات فتحات دقيقة لا تسمح بمرور الحشرات حتى الصغيرة منها، مثل الذبابة البيضاء وتعرف هذه الشباك — عادة — باسم "الشباك المضادة للفيروسات Anti-Virus Nets"، لأن كثيرًا من الحشرات التى تمنع هذه الشباك مرورها (مثل الذبابة البيضاء، والمنّ، والجاسيدز .. إلخ) تَنْقُل إلى النباتات عديدًا من الفيروسات الخطيرة، مثل فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى الطماطم، وفيروسات الاصفرار (بين العروق فى الأوراق السفلى) وموزايك الزوكينى الأصفر، وموزايك البطيخ، وموزايك البباظ فى القرعيات، وموزايك الفاصوليا الذهبى فى الفاصوليا

توضع هذه الشباك إما على على فتحات التهوية والأبواب المزدوجة فقط، وإما أن تُغطّى بها البيوت المحمية بالكامل، مع توفير أكبر قدر من التهوية فى المواسم الحارة. وتعامل هذه الشباك عند تصنيعها بمواد تجعلها تقاوم الأشعة فوق البنفسجية، بحيث يمكن استعمالها لعدة سنوات

استعمال لوحات ملونة جاذبة للحشرات ولاصقة لها

من المعروف علميًّا أن بعض الحشرات تنجذب نحو ألوان معينة، كما هي الحال بالنسبة للذبابة البيضاء التي تفضل اللون الأصفر. وقد أمكن الاستفادة من هذه الخاصية بجذب الحشرات نحو لوحات ملونة ومغطاة بمادة لاصقة لا تستطيع الحشرة الفكاك منها إذا لامستها. ومن المفضل وضع هذه اللوحات في مواجهة وسائد التبريد؛ للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التي قد تتسرب إلى داخل البيت.

التحكم في الرطوبة النسبية

تناولنا بالشرح في الفصل الثالث وسائل التحكم في الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية. ومن الأهمية بمكان المحافظة على مستوى معتدل من الرطوبة النسبية لوقف انتشار الأمراض التي تناسبها الرطوبة العالية، مثل أمراض البياض الزغبي والبياض الدقيقي من جهة، ولتجنب التكثيف الرطوبي الذي يحدث عند انخفاض درجة الحرارة والذي يحفز الإصابة بمسببات مرضية أخرى خطيرة — مثل الفطر *B. cinerea* — من جهة أخرى.

إن الإصابة الأولى بمعظم الفطريات المرضة تحدث في الصوبات الزجاجية في وجود غشاء مائي أو قطرة من الماء على السطح النباتي، وهي التي يمكن منعها بالمحافظة على حرارة النموات الهوائية أعلى من حرارة تكثف الندى؛ ومن ثم يمنع إنبات الجراثيم. هذا ألا أن معظم البيوت المحمية في مناخ منطقة البحر الأبيض المتوسط غير مدفأة، فضلاً عن أن المحافظة على حرارة الهواء الهوائية أعلى من حرارة تكثف الندى — حتى ولو كانت البيوت مدفأة — يكون أمرًا مكلفًا (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

وقد أدت تهوية البيوت المحمية ليلاً، أو ليلاً ونهارًا إلى خفض شدة إصابة الطماطم النامية بها بالفطر *Botrytis cinerea* (Baptista وآخرون ٢٠٠٨).

وأوضحت دراسة عن تأثير مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية في هواء البيوت المحمية (٨٠٪، و ٨٧٪، و ٩٠٪، و ٩٥٪) — تم فيها التحكم في الرطوبة النسبية

باستخدام الكمبيوتر - على شدة إصابة الطماطم بالفطر *Oidium lycopersici* — مسبب مرض البياض الدقيقى — أن أعلى شدة إصابة كانت فى رطوبة نسبية ٨٠٪، وأن الإصابة انخفضت بعد ذلك حتى بلغت أقل شدة فى رطوبة نسبية ٩٥٪ (Whipps & Budge ٢٠٠٠).

التحكم فى الإضاءة

وجد لدى مقارنة مدى انجذاب حشرة الذبابة البيضاء *B. tabaci* من طراز B لنباتات الخيار النامية تحت ١٢ ساعة ضوء شدته ٣٥٠ ميكروجول/م[٢] فى الثانية من أى من لبات فلورسنتية (FL)، أو لبات هاليد معدنية (ML)، أن انجذاب الذبابة كان بنسبة ٣٦٪، و ٦٤٪ فى حالة مصدرى الضوء، على التوالى. هذا مع العلم بأن نسبة الأشعة الحمراء إلى تحت الحمراء كانت ٧,٠ للمبات الـ FL، و ١,٢ للمبات الـ ML وقد احتوت بادرات الخيار التى نُميّت تحت اللمبات الـ FL على محتوى أعلى من الكلوروفيل، وكانت أوراقها أسمك عما فى تلك التى نُميِّت تحت اللمبات الـ ML. ويبدو أن انجذاب الحشرة الأقل للخيار النامى تحت اللمبات الـ FL كان مرده إلى التغيرات المورفولوجية التى أحدثتها النسبة العالية للأشعة الحمراء إلى تحت الحمراء التى وفرتها اللمبات الفلورسنتية، وذلك مقارنة بالوضع فى حالة اللمبات الهاليد المعدنية (Shibuya وآخرون ٢٠١٠).

تعديل هواء البيوت المحمية

أدى غياب الأكسجين فى الصوبات لمدة ساعة واحدة إلى قتل ١٠٠٪ من حشرات الذبابة البيضاء البالغة، ولكن لزم ٨ ساعات من غياب الأكسجين للتخلص من ٨٠٪ من بيض وحوريات الحشرة وعلى الرغم من ذلك، فإن الصوبات التى تزود بثانى أكسيد الكربون لمدة ثمانى ساعات يوميًا يقل فيها تواجد الحشرة، ربما بسبب زيادة تركيز المواد الكربوهيدراتية فى أنسجة تلك النباتات، بما يعنى حصول الذبابة على قدر أقل - نسبيًا — من النيتروجين فى غذائها

ممارسة الأساليب المناسبة لمنع تفشى الأمراض

تعرف هذه الأساليب لغويًا باسم التصحاح Sanitation، والهدف منها الحد من تفشى الأمراض وانتشارها، ومنها: تعقيم تربة الصوبة، واستعمال بذور وشتلات خالية من الإصابات المرضية، واستعمال أبواب مزدوجة للحد من دخول مسببات الأمراض والحشرات إلى داخل البيت عند فتح الباب الخارجى، ووضع مُطهِّر (مثل الفورمالين) فى المسافة بين البابين؛ لتطهير أحذية الداخلين إلى الصوبة، وتطهير جميع الآلات الحقلية قبل استعمالها فى الصوبة، وتطهير الأيدى ومقصات التقليم بعد تداول نبات مصاب بأحد الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا .. إلخ.

هذا .. وتكون الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا (أى باللمس مثلاً) سريعة الانتشار فى البيوت المحمية، لأن عمليات التقليم والتربية الرأسية التى تجرى للنباتات تزيد كثيرا من تعرض النباتات السليمة للإصابة بعد ملامسة العامل لنبات مصاب، أو بعد استعمال العمال لمقصات التقليم فى تقليم نباتات مصابة؛ ولذا .. يفضل — دائمًا — استعمال أصناف مقاومة لهذه الفيروسات فى الزراعات المحمية.

ويفحص ماء الإدماع Guttation لنباتات طماطم مصابة جهازيًا بفيرس موزايك الطماطم ونباتات فلفل مصابة بفيرس تبرقش الفلفل المعتدل Pepper Mild Mottle Virus — وكلاهما ينتقل ميكانيكيًا — وجد French وآخرون (١٩٩٣) أنه يحتوى على جزيئات من الفيروسين فى المحصولين، على التوالى. وكان تركيز كلا الفيروسين فى ماء الإدماع كافيًا لإحداث الإصابة فى النباتات السليمة. ويرى الباحثون أن ماء الإدماع هذا يمكن أن يشكل وسيلة هامة لانتشار الأمراض الفيروسية — التى تنتقل ميكانيكيًا — فى الزراعات المحمية، علمًا بأن ظاهرة الإدماع تزداد فى ظروف الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع ليلاً.

المكافحة الحيوية

تحتل المكافحة الحيوية للأمراض والآفات موقعًا متميزًا فى الزراعات المحمية،

بالنظر إلى .بكن لتحكم فى موقع المكافحة مكانيًا وبيئيًا. هذا بالإضافة إلى كونها أقل تكلفة وأكثر مناسبة لمحاصيل الصوبات التى قد تحصد ثمارها يوميًا، الأمر الذى يستحيل معه معاملتها بالمبيدات الحشرية والأكاروسية

مكافحة مسببات الأمراض

تتنوع كثيرا الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض، كما يلى:

المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة

إن أهم المنتجات المستخدمة فى هذا الشأن، ما يلى:

١- منتجات تحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*:

يقوم هذا المتطفل بإتلاف الأجسام الحجرية للفطرين *Sclerotinia sclerotiorum*، و *S. minor*، وهو يسوق كحبيبات قابلة للبلل تحت الاسم التجارى Contans.

٢- منتجات تحتوى على الفطر *Gliocladium virens* (= *Trichoderma virens*)

عزل هذا الفطر فى أواخر ثمانينات القرن الماضى من تربة بولاية ميرلاند الأمريكية. ثم تبين أنه يتواجد فى التربة فى جميع أنحاء العالم. وقد استخدم فى مكافحة الفطرين *Pythium ultimum*، و *Rhizoctonia solani* فى مخاليط الزراعات اللاأرضية. وهو يسوق تحت الاسم التجارى SoilGard.

٣- الفطر *Trichoderma harzianum* السلالة T-22):

أُنتجت هذه السلالة فى أواخر ثمانينات القرن الماضى بطريقة إندماج البروتوبلاست بين كل من T-95 (وهى سلالة من *T harzianum* عُزلت من تربة فى كولومبيا وتعد منافسًا قويًا على استعمار المحيط الجذرى النباتى)، و T-12 (وهى — كذلك — سلالة من *T harzianum* عزلت من نيويورك) ويمكن لهذه السلالة (T-22) التى تعد منافسا قويًا بالمحيط الجذرى استعمار كل أجزاء المجموع الجذرى والبقاء لفترة طويلة عند استعمالها فى معاملة الجذور أو التربة سقيًا أو كحبيبات، وهو يُسوق

تحت الاسم التجارى RootShield كحبيبات، وكذلك الاسم PlantShield كمعلق مائى يحتوى على كونيديات الفطر.

ولقد أظهرت المنتجات التجارية للفطر قدرة على مكافحة عفن التاج والجذور الفيوزارى فى الطماطم، والفطريات *R. solani*، و *Catharanthus* sp.، و *Pythium* spp. فى عدد من نباتات الزينة. وتتساوى قوة المكافحة التى يوفرها الفطر مع تلك التى تُحدثها المبيدات الفطرية.

ويقوم الفطر *T. harzianum* بفعله من خلال عدة آليات، منها التطفل الفطرى mycoparasition عن طريق إنتاج إنزيمات الشيتينات chitinases، والـ β-1-3 glucanases، والـ β-1-4 glucanases، ومضادات الحيوية antibotics، والتنافس competition، وإذابة المغذيات النباتية غير العضوية، وحث المقاومة، وتثبيط نشاط إنزيمات المسببات المرضة ذات الأهمية فى التطفل المرضى لها.

حققت هذه السلالة ومنتجاتها التجارية انتشارًا واسعًا، ومن بين السلالات الأخرى للفطر ذاته كل من: T-35 (أو Trichodex) من إسرائيل، و Binab T من السويد، و Supresivit من جمهورية التشيك.

٤- الاستربتوميسيت *Streptomyces griseovirids* (السلالة K61):

يُسوق هذا الاستربتوميسيت تحت الاسم التجارى Mycostop، وكان قد عزل ابتداءً من الاسفاجنم، واستُخدم فى المكافحة الحيوية للذبول الفيوزارى للقرنفل. كذلك يُفيد هذا المنتج فى مكافحة الفطر *Pythium aphanidermatum*.

٥- الفطر *Gliocladium catenulatum* (السلالة J1446):

عُزلت هذه السلالة من التربة بأحد الحقول فى فنلندة، وهى المكون الفعال فى المنتج التجارى Primastop. ومن بين الفطريات التى ينجح هذا الفطر فى مكافحتها: تساقط البادرات، وأعفان البذور، وأعفان الجذور، وأمراض الذبول. ويسوق المنتج التجارى كمسحوق قابل للبلل يمكن استخدامه فى معاملة التربة والجذور والنموات الخضرية،

ويُستخدم – خاصة في معاملة مخاليط الزراعة لمكافحة فطريات الذبول الطرى *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani* وقد تبين من بعض الدراسات أن فاعلية *G. catenulatum* في المكافحة كانت مماثلة لفاعلية المبيديين الفطرين propamocarb، و tolclofos.

٦– السلالة غير المرضية Fo47 من الفطر *Fusarium oxysporum*:

عُزلت هذه السلالة من تربة مثبطة للفيوزاريم بفرنسا، وهي فعالة ضد أمراض الذبول الفيوزارى في عدد من النباتات، منها الطماطم والقرنفل، وضد مرض عفن التاج والجذور الفيوزارى في الطماطم. ومن بين آليات فعل هذه السلالة: المنافسة على الكربون، والمنافسة المباشرة مع السلالات المرضة، وحث المقاومة بالعائل.

٧– البكتيريا *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens* (السلالة FZB24):

تأتى بعض الأنواع البكتيرية التابعة للجنس *Bacillus* الثانية في الترتيب من حيث الاستخدام في المكافحة الحيوية بعد البكتريا التابعة للجنس *Pseudomonas*، وذلك من بين كل الأجناس البكتيرية. وتسوق البكتيريا *Bacillus subtilis* تحت الاسم التجارى Kodiak، وتستخدم في معاملة البذور وكإضافة للتربة. كذلك أنتج المستحضر BioYield الذى يحتوى على نوعي البكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens*، و *B. subtilis* لأجل استخدامه في الزراعات المحمية.

ومن بين سلالات *B. subtilis* التي اختبرت لمكافحة الفطرين *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora nicotianae* في الطماطم والخيار بالزراعات المحمية، كانت أفضلها السلالتين FZB13، و FZB44، كما حفزت السلالة FZB-G نمو نباتات الطماطم. وأنتجت السلالتان FZB C، و FZB G مضادات حيوية من الببتيدات الفعالة ضد الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١).

المنتجات المستخدمة في المكافحة الحيوية لأمراض النموات الخضرية

إن من أهم المنتجات المستخدمة لهذا الغرض، ما يلى:

١- الفطر *Ampelomyces quisqualis*:

يعد الفطر *A. quisqualis* أول فطر عُرف بتطفله على فطريات البياض الدقيقى، وهو مضاد لأنواع من الرتب الفطرية: Erysiphales، و Mucorales، و Perisporiales. ولقد وجد أن *A. quisqualis* يستعمر الهيفات والجراثيم الكونيدية وحواملها conidiophores لعوائله.

لا يكون هذا الفطر فعّالاً فى المكافحة إلا فى ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًّا؛ ولذا .. اقترح الرش بالماء — عند المعاملة بالفطر — كوسيلة لرفع الرطوبة النسبية، إلا أن عملية الرش تلك تقلل — في حد ذاتها — من شدة نشاط الفطر *S. fuliginea*. ويعد الفطر *A. quisqualis* متحملاً لبعض المبيدات الفطرية؛ مما يسمح باستخدامه ضمن برنامج المكافحة المتكاملة ضد البياض الدقيقى عندما تكون الرطوبة النسبية عالية. وتحت ظروف الحقل اقتُرح استخدام مخلوط من *A. quisqualis* مع ٢٪ زيت بارافين لمكافحة البياض الدقيقى.

وقد أُنتج التحضير AQ-10 الذى يحتوى على الفطر *A. quisqualis* فى صورة حبيبيات قابلة للانتشار في الماء على اعتبار كونه سلالة جديدة يمكن أن تعمل فى ظروف الرطوبة النسبية المنخفضة، وهو مسجل للاستخدام مع عديد من محاصيل الخضر والفاكهة، ويوصى بأن يستعمل معه مادة ناشرة للماء للتغلب على احتياجات الفطر للرطوبة.

٢- الفطر *Trichoderma harzianum* (السلالة T-39):

طُورت السلالة T-39 من الفطر *T. harzianum* فى إسرائيل واستخدمت فى إنتاج المستحضر التجارى TRICHODEX، وهو فعّال ضد الفطر *Botrytis cinerea*، ويستخدم فى مكافحته. وهو يعمل من خلال منافسته الفطر المرض على الغذاء وإعاقته لقدرته على إنتاج الإنزيمات المحللة، كما يمنع اختراق الفطر المرض لأنسجة العائل وتحليله لها.

٣- البكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة QST713):

يُعد المنتج التجارى Serenade أفضل تحضيرات هذه السلالة البكتيرية، وهو فعّال ضد أكثر من ٤٠ مرضًا نباتيًا، من بينها العفن الرمادى (*B. cinerea*)، وتساقط البادرات

(*P ultimum*، و *R solani*)، والبياض الدقيقي. وتعمل البكتيريا من خلال عدة آليات منها التنافس، والتطفل، والتضادية الحيوية، وحث المقاومة الجهازية (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١)

ومن بين الدراسات التي أجريت في مجال المكافحة الحيوية للفطريات، ما يلي:

○ أدت المعاملة بمستخلصات كومبوست كلا من سبلة الماشية وسبلة الخيل إلى مكافحة لفطر *Pseudoperonospora cubensis* – مسبب مرض البياض الزغبي في الخيار – بشكل جيد تحت ظروف الزراعات المحمية (Ma وآخرون ١٩٩٦)

○ أمكن مكافحة فطريات البياض الدقيقي بالفطر المتطفل *Ampelomyces quisqualis* الذي ينتج جراثيم كونيدية لزجة يمكن أن تنتشر مع رذاذ الماء، وكذلك بجراثيم الفطر المضاد *Sporothrix* spp الشبيه بالخميرة. يعد كلا الكائنين فعالاً ضد الفطر *Sphaerotheca fuliginea* المسبب للبياض الدقيقي في القرعيات في الرطوبة العالية ويعني ذلك ضرورة توفير رطوبة عالية مع تعريض النباتات لرذاذ من الماء على فترات للمساعدة على انتشار جراثيم الكائنات المستعملة في المكافحة الحيوية، ولكن يراعى ألا تتبقى أغشية مائية على النباتات لفترات طويلة؛ لكي لا تساعد على انتشار مسببات مرضية أخرى خطيرة؛ مثل الفطر *Botrytis cinerea*.

○ ومن الفطريات الأخرى التي تُضاد فطريات البياض الدقيقي كل من: *Tilletiopsi* spp، و *Stephanoascus* (عن Jarvis ١٩٨٩).

○ حقق استعمال الفطر *Gliocladium roseum* نجاحًا كبيرًا في مكافحة مرض العفن الرمادي في الفراولة، حيث ثبطت عزلاته نمو الفطر *B. cinerea* بنسبة ٩٨٪ في اختبارات على مختلف الأجزاء النباتية (الأوراق، والبتلات، والأسدية الزهرية) المفصولة عن النبات وغير المفصولة، وكان أكثر كفاءة عن غيره من الكائنات المستخدمة في المكافحة الحيوية. مثل *Trichoderma viride*، و *Alternaria alternata*، و *Myrothecium verrucaria*، و *Penicillium* spp، كما كان أكثر كفاءة عن المبيد الفطري

القياسي كابتان. وفي دراسة أخرى حقق استخدام الفطر *G. roseum* تثبيطًا للعفن الرمادي تراوح بين ٧٩٪، و ٩٣٪ في أسدية أزهار الفراولة، وبين ٤٨٪، و ٧٦٪ في ثمارها، وقد تماثل في تلك الكفاءة مع الكائنات الرئيسية المستخدمة في مكافحة الفطر *B. cinerea* بيولوجيًا أو كان أكفأ منها. وظهرت كفاءة هذا الفطر في مكافحة العفن الرمادي حتى في ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًا في البيوت المحمية البلاستيكية. كما أظهر فاعلية كبيرة في المكافحة ليس فقط في أزهار وثمار الفراولة، وإنما في نمواتها الخضرية كذلك، وهي التي تعد المصدر الرئيسي للإصابة بالفطر تحت ظروف الحقل، وتراوحت كفاءته في تثبيط إنتاج الفطر *B. cinerea* لجراثيمه بين ٩٠٪، و ١٠٠٪، وتشابه في ذلك مع كفاءة أقوى المبيدات المستعملة في مكافحة الفطر، وهي الكلوروثالونيل chlorothalonil.

• وقد جرت محاولات ناجحة لاستعمال نحل العسل في نقل الفطر *G. roseum* إلى أزهار الفراولة. قامت فيها الحشرة بنقل الفطر بكفاءة إلى الأزهار أثناء زيارتها لها، واستخدم لأجل ذلك مسحوق من الفطر وضع في موزع للقاح الفطري على خلية النحل (عن Sutton وآخرين ١٩٩٧).

• بينما أدت عدوى نباتات الطماطم في مزرعة لا أرضية بالفطر *Phytophthora nicotianae* إلى خفض جوهري في الوزن الجاف للنموات الهوائية والجذرية، فإن معاملة المزرعة بالبكتيريا *Bacillus subtilis* ثبطت النمو الفطري وأحدثت زيادة جوهرية في محصول الطماطم مقارنة بمحصول نباتات الكنترول التي لم تعامل بالبكتيريا (Grosch & Grote ١٩٩٨).

• أفاد في المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* المسبب لمرض الذبول الفيوزاري في الفراولة عدوى التربة بكائنين دقيقين، هما: العزلة B501 من البكتيريا *Bacillus* spp.، والعزلة S506 من الاستربتوميسس *Streptomyces* spp.، مع المحافظة على تواجدهما في التربة بتركيز مرتفع حتى بداية الإزهار، وهي المرحلة التي تبدأ عندها أعراض الذبول في الظهور على نباتات الفراولة. وبالمقارنة بالتبخير ببروميد الميثايل الذي أدى إلى مكافحة المرض بنسبة ١٠٠٪، أدت المعاملة بالباسيلس على

تحقيق ٩٤٪ مكافحة ولم تختلف جوهريًا عن معاملة بروميد الميثيل، بينما أعطت معاملة الاستربتوميسس مكافحة بنسبة ٧٧٪ وكانت أقل جوهريًا من معاملتي بروميد الميثايل والباسلس (Wang وآخرون ١٩٩٩)

• وجد أن لكل من التريكوديرما *Gliocladium virens* (كما في التحضير التجاري RootShield)، والبكتيريا *Radoporidium diobovatum* (السلالة S33) القدرة على مكافحة تقرح الساق الذى يحدثه الفطر *Botrytis cinerea* بنباتات الطماطم في الزراعات المحمية (Utkhede وآخرون ٢٠٠١)

• أدت معاملة الطماطم بالفطر *Penicillium oxalicum* — في كل من الزراعات المائية والزراعات العادية في التربة — إلى الحد من إصابتها بفطر الذبول الفيوزاري *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، علما بأن فطر البنيسلم استعمر المحيط الجذرى للطماطم ولم يؤثر على تواجد فطر الذبول فيه (DeCal وآخرون ١٩٩٧).

• تبين لدى اختبار عدد من الكائنات الدقيقة المستخدمة في المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التي تعيش في التربة أن أكثرها قدرة على الاحتفاظ بحيويتها لفترات طويلة في مخاليط الزراعة لتى تُعدُّ للاستعمال (ولكنها قد تخزن لفترات متباينة قبل استعمالها) كلا من البكتيريا *Bacillus subtilis*، والميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Nemec ١٩٩٧)

• وجد تحت ظروف الصوبات أن كفاءة كلا من *T. harzianum* T39، و *A. pullulans* في مكافحة فطر البوترتيس كانت أعلى من كل من المبيد الفطرى ذو التأثير الواسع المدى tolylfluanid والمبيد الفطرى المتخصص iprodione، إلاّ أن المكافحة كانت أفضل بالنسبة لإصابات السوق عنها بالنسبة لإصابات الثمار (Dik & Elad ١٩٩٩).

• أفادت المعاملة بالسلالة BACT-O من *Bacillus subtilis* في الحد من إصابة الخس بالفطر *Pythium aphanidermatum* في المزارع المائية (Utkhede وآخرون ٢٠٠٢)

• تمطى المعاملة بالكومبوست المضاف إليه الفطر *Pythium oligandrum* مكافحة جيدة جدًّا للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* في مزارع الطماطم في البيت موس. وتحدث المقاومة بتكوين تراكيب فيزيائية في المواقع المحتملة للإصابة تعيق حدوث الإصابة وتقدم الفطر (Pharand وآخرون ٢٠٠٢).

• أظهر عديد من أنواع الكائنات الدقيقة قدرة عالية على الحد من إصابة الطماطم فى الزراعات المائية بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وكان منها ما يلي:

Penicillium brevicompactum
Penicillum solitum strain 1.
Pseudomonas fluorescens subgroup G. strain 2.
Pseudomonas marginalis
Pseudomonas putida subgroup B strain 1.
Pseudomonas syringae strain 1.
Trichoderma atroviride

(Gravel وآخرون ٢٠٠٧).

• أدت معاملة نباتات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى بسلالات من الفطر المحفز للنمو النباتي *Fusarium equiseti* إلى توفير حماية جيدة للنباتات ضد الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى. وقد أظهرت الدراسة أن مستخلصات ساق النباتات المعاملة بالفطر *F. equiseti* — سواء أكانت قد حقنت بفطر عفن التاج والجذر الفيوزارى أم لم تحقن — كانت مثبطة لإنبات الجراثيم الميكروكونيدية للفطر المرض ولاستطالة أنابيبها الجرثومية في البيئات الصناعية (Horinouchi وآخرون ٢٠٠٧).

• دُرس تأثير ثلاثة منتجات تجارية تستخدم في المكافحة الحيوية على مكافحة ثلاثة من مسببات الأمراض التي تصيب الطماطم عن طريق الجذور فى مزارع لاأرضية مغلقة تتكون فيها بيئة الزراعة إما من البيت، وإما من الخفاف pumice، ولقد وجد أن مستوى المكافحة المرضية يتباين تبعًا لنوع الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية، وبيئة الزراعة، والمسبب المرضي، كما يلي.

١- أدت المعاملة بستج Binab T (الذى يحتوى على خليط من كل من الفطرين *Trichoderma polysporum*، و *T. harzianum*)، أو Gliomix (الذى يحتوى على الفطر *Gliocladium cantenulatum*)، أو Mycostop (الذى يحتوى على الاستربتوميسيت *Streptomyces griseoviridis*) فى بيئة الخفاف إلى تقليل الإصابة المرضية بالمسببات الثلاثة: *Pythium aphanidermatum*، و *Pyhtophthora cryptogea*، و *Fusorium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*.

٢- لم يكن للـ Mycostop تأثير جوهرى على مستوى الإصابة بأى من المسببات المرضية الثلاثة فى البيت، على الرغم من أن كلا من الـ Binab T، والـ Gliomix حققا مكافحة بيولوجية ناجحة.

٣- فى كلتا البيئتين كانت المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *raics-lycopersici* ضعيفة مقارنة بتلك التى تحققت مع أى من *P. aphanidermatum*، أو *P. cryptogea*.

٤- تحسن نمو نباتات الطماطم بعد معاملة بيئة الزراعة بأى من المنتجات الحيوية الثلاثة فى وجود أى من المسببات المرضية الثلاثة، مقارنة بنموها فى معاملات الكنترول (Khalil وآخرون ٢٠٠٩).

• أمكن عزل بكتيريا (أعطيت الكود LSW25) من المحيط الجذرى لنباتات الطماطم كانت سالبة لصبغة جرام، ومضادة للبكتيريا *Pseudomonas corrugata* — التى تُصيب أوعية نباتات الطماطم وتحللها — ومحفزة لنمو بادرات الطماطم. وقد انتخبت من هذه العزلة طفرة طبيعية مقاومة للمضاد الحيوى rifampicin (أعطيت الكود LSW25R) لتسهيل تتبعها، وعُرِّفت بأنها *Pseudomonas* spp.، وأُعطيت الاسم *Speudomonas* sp. LSW25R. ثبطت هذه البكتيريا النمو الهيفى لإثنى عشر فطرًا، مثل *Botrytis cinerea* على بيئة آجار V8. وبالاستعانة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح، وجد أن هذه العزلة لا تستعمر فقط سطح الجذور حول الفتحات الطبيعية للتفرعات الجذرية الدقيقة، وإنما — كذلك — تحت خلايا البشرة. ولقد نجحت العزلة LSW25R فى استعمار جذور بادرات

الطماطم والفلفل والباذنجان، وحفزت جوهريًا طول بادرات الطماطم ووزنها الطازج والجاف عند تلقيحها بتركيز ١٠^١١ وحدة مكونة للمستعمرات cfu/مل، وحفزت جوهريًا نمو بادرات الباذنجان والفلفل عند استعمالها بتركيز ١٠^٤ cfu/مل؛ بما يعني أن التركيز المناسب من هذه البكتيريا لتحفيز النمو يختلف من نوع نباتي لآخر. كذلك فإن كثافة تواجد هذه البكتيريا داخل الجذور وأول أوراق الطماطم — عند قاعدة النبات — كانت أكثر من ٩٣ × ١٠^٣ cfu/جم. وقد وجد أن التأثير المحفز لهذه البكتيريا حدث في كل من ظروف التغذية الطبيعية، وكذلك عند نقص أي من النيتروجين أو الكالسيوم، إلا أن امتصاص الكالسيوم لم يزدد إلا في ظروف التغذية الطبيعية. وقد أسهمت تلك الزيادة في خفض الإصابة بتعفن الطرف الزهري (Lee وآخرون ٢٠١٠).

مكافحة الحشرات

١- مكافحة الذبابة البيضاء:

يتطفل الزنبور *Encarsia formosa* على حشرة الذبابة البيضاء. يبلغ طول أنثى الزنبور البالغة حوالي ٠,٥مم، وهي تعيش لمدة ١٤ يومًا، تتغذى خلالها على الإفرازات السكرية للذبابة البيضاء. تضع الأنثى خلال حياتها حوالي ٦٠ بيضة، كل منها منفردة على الطور الثالث — فقط — لحوريات الذبابة البيضاء. يفقس البيض خلال أربعة أيام في حرارة ٢١°م، لتتطفل يرقات الزنبور على حوريات الذبابة.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر كل من الطفيل (الزنبور) والحشرة (الذبابة البيضاء)، حيث تكون مدة دورة حياة كل منهما — باليوم — كما يلي:

الحرارة (°م)	الذبابة البيضاء	*Encarsia*
١٠	٧٢	—
١٥	٥١	٥٥
٢٠	٣٧	٢٥
٣٠	٢٥	١٥

ويتبين من ذلك ن لمكافحة الحيوية للذبابة البيضاء تكون أكثر فاعلية في حرارة أعلى من ٢٠°م كذلك ينخفض نشاط الزنبور المتطفل في الإضاءة الضعيفة ويعتبر الزنبور أكثر حساسية للمبيدات الحشرية من الذبابة البيضاء ذاتها

يربى الزنبور المتطفل على أوراق التبغ أو الطماطم. ويسمح له بالتطفل على حوريات الذبابة البيضاء قبل توزيعه بتجانس تام داخل البيوت المحمية (عن Gould ١٩٨٧)، ويستخدم الزنبور المتطفل لهذا الغرض منذ أكثر من ٧٠ عاما

كذلك تتطفل سلالة من الفطر *Cephalosporium lecanii* على ذبابة البيوت المحمية البيضاء التي عزلت منها ويتوفر الفطر في صورة تحضير تجارى يعرف باسم Mycotal، وهو لا يؤثر على الزنبور *Encarsia formosa* المتطفل على الذبابة

يتطفل الفطر على جميع أطوار الذبابة البيضاء *T vaporariorum* فيما عدا البيض. ويكفي — عادة — رشتان بالفطر إذا أحسن توقيتهما لمكافحة الحشرة بصورة جيدة طوال موسم النمو ويلزم لإصابة الفطر للحشرة توفر رطوبة نسبية عالية (أقل من ٠,٢ كيلو باسكال < 0 2 Kpa Vpd) لمدة عشرة أيام أما عملية تطفل الفطر على الحشرة لحين قضائه عليها فلا يلزم — لاستمرارها - توفر رطوبة نسبية عالية، بينما تلزم رطوبة نسبية عالية مرة أخرى لأجل تجرثم الفطر (عن Grange & Hand ١٩٨٧)

وقد أفادت المعاملة بكل من الفطر *Beauveria bassiana* (التحضير التجارى BotaniGard الذى يحتوى على ٥,١٣ × ١٠^٣ كونيديا/مل)، والمفترس *Dicyphus hesperus*. والمتطفل *Encarsia formosa* في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* (Labbé وآخرون ٢٠٠٩).

٢- مكافحة حشرة المنّ:

يُعرف عالميًا أكثر من ٤٠٠٠ نوع من المنّ، ومن أهمها — في الزراعات المحمية — من الخوخ الأخضر *Myzus persicae*، ومن القطن *Aphis gossypii*، ومن البطاطس *Macrosiphum euphorbiae* ويُعد من الخوخ الأخضر أكثرها خطورة على محاصيل

البيوت المحمية بسبب اتساع مدى عوائله وكثرة الفيروسات التى يُسهم فى نقلها وصعوبة مكافحته.

هذا .. ويمكن لإناث المنّ إنتاج أجيال جديدة من الحشرة دون حاجة للتزاوج، حيث تنتج صغارًا مباشرة دون المرور بطور البيضة. وتسهم تلك الخاصية فى الازدياد الفجائى الكبير فى أعداد الحشرة. ويتعين تعليم المواقع التى يكتشف تواجد المنّ بها، ليمكن إحكام عملية المكافحة

وبينما تميل أفراد منّ الخوخ الأخضر للتعنقد على النموات الحديثة الغضة، فإن من القطن غالبًا ما ينتشر بانتظام على امتداد ساق النبات. كذلك يقل عدد أفراد منّ القطن المجنحة عما فى منّ الخوخ الأخضر.

ومن بين أهم أعراض الإصابة بالمنّ: إنتاج الإفرازات السكرية (العسلية) التى تنمو عليها الفطريات المترممة السوداء (sooty mold) على الأوراق، وتكون البقع الصفراء على سطح الأوراق العلوى، وظهور الجلود التى تطرحها الحشرات على الأوراق، والتفاف الأوراق، وتشوه النموات الجديدة.

ومن أهم المفترسات المستخدمة فى مكافحة المنّ فى الزراعات المحمية ما يلى:

أسد المنّ	*Chrysoperla carnea, C. rufiliabris & Chrysopa* sp.
ذبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*
الزنابير المتطفلة	*Aphidius colemani & A. maticariae*
خنفساء أبو العيد	*Hippodamia convergens*

١- الفطر *Beauveria bassiana*

يعمل هذا الفطر من خلال اتصاله بالسطح الخارجى للحشرة، ثم اختراقه لها وقتلها، وهو يسوق تجاريًا تحت أسماء مختلفة، منها Naturalis-O، و BotaniGard.

٢- الفطر *Verticillium laccani*:

من بين التحضيرات التجارية لهذا الفطر: Vertalec، و Mycotal.

يتطلب إنبات ونمو جراثيم هذا الفطر رطوبة نسبية لا تقل عن ٩٣٪ وحرارة بين ١٥، و ٢٧°م. ويجب ألا تقل الرطوبة عن تلك الحدود لمدة ١٠–١٢ ساعة يوميًا ويعد هذا الفطر حساسًا للمبيدات الفطرية (Greer ٢٠٠٠).

هذا . ويتطفل الزنبور *Aphidius matricariea* على نوع المنّ *Myzus persicae* فقط

يبلغ طول الحشرة المتطفلة البالغة نحو ملليمترين، وتضع الإناث بيضها فى جسم حشرة المنّ الصغيرة، حيث تفقس إلى يرقات خلال ١٣ يومًا، وتخرج من ثقب تصنعه فى حشرة المنّ التى تبقى كـ "مومياء" ملتصقة بالأوراق

وقد استخدم فى مكافحة منّ الخوخ الأخضر، ونوع المنّ *Macrosiphum euphorbiae* على نباتات الباذنجان مجموعة من الأعداء الطبيعية للمنّ تشكلت من الطفيل *Aphelinus asychis*، ونوعى أسد المنّ *Chrysoperla perla*، و *C. formosa* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠)

كذلك تتطفل يرقات الذبابة *Aphidoletes aphidimyza* على عدة أنواع من المنّ، خاصة تلك التى تكوّن مستعمرات عنقودية، مثل *Aphis gossypii*. تضع الأنثى بيضها (نحو ٧٠ بيضة) على السطح السفلى للأوراق قريبًا من مستعمارت المنّ. وبعد فقس البيض تتغذى كل يرقة من الطفيل على نحو ١٠ أفراد من المنّ قبل أن تتحول إلى عذارى فى غضون ٤ أيام من الفقس. يتم إدخال الطفيل إلى الصوبات كعذارى محملة فى البيت موس، حيث ينثر بالقرب من النباتات بمعدل ٢–٥ عذارى/م^2 بمجرد مشاهدة مستعمرات المنّ ويكرر ذلك بعد نحو ٢–٤ أسابيع أخرى.

كذلك استخدمت بعض أنواع الفطريات المتطفلة على الحشرات – منفردة، أو مع الحشرات المتطفلة والمفترسة – فى مكافحة آفات البيوت المحمية، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١– استخدمت الجراثيم الكونيدية للفطر *Aschersonia* – الذى يتطفل على الذباب الأبيض – فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء.

٢- استعمال مستحضر تجارى من الفطر *Verticillium lecanii* — يعرف باسم ميكوتال Mycotal فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الخيار.

٣- يتطفل فطران، هما: *Cephalosporium aphidicola*، و *Entomophthora coronata* على حشرة منّ الخوخ الأخضر. ولكن مستحضرات النوع الثانى ليست مأمونة الاستعمال بالنسبة للإنسان (عن توفيق ١٩٩٣).

٤- يستعمل كذلك الفطر المتطفل *Cephalosporium lecanii* فى مكافحة عدة أنواع من المنّ؛ منها:

Aphis gossypii	*Myzus persicae*
Brachycaudus helichrysi	*Aphis fabae*

ويتوفر الفطر فى صورة تحضير تجارى يعرف باسم Vertale (نسبة إلى الاسم السابق لجنس الفطر *Verticillium*). والفطر حساس لعديد من المبيدات الفطرية. يرش التحضير التجارى المحتوى على الجراثيم الكونيدية للفطر عند وجود إصابة منخفضة بالمنّ، مع ضرورة توفير رطوبة عالية (تزيد على ٨٥٪) لمدة حوالى ١٠ ساعات يوميًا خلال فترة تطفل الفطر على المنّ. يلاحظ التطفل بظهور نمو أبيض قطنى من هيفات الفطر على المنّ.

٣- مكافحة التربس:

يتوفر للمكافحة البيولوجية للتربس نوع مفترس من العناكب يعرف باسم *Amblyseius mackensie*، وكذلك سلالة متطفلة من الفطر *C. lecanii*.

كما تستعمل فى مكافحة التربس شرائط لاصقة، تلتصق بها يرقات الحشرة التى تسقط من الأوراق إلى التربة عندما يأتى وقت تحولها إلى عذارى. تعرف هذه الشرائط باسم Thripstick، وهى توضع أسفل النباتات لاصطياد اليرقات (عن Gould ١٩٨٧).

كذلك نجح Chambers وآخرون (١٩٩٣) فى مكافحة التربس *Frankliniella*

occidentalis على الفلفل باستعمال الـ anthocorid المفترس *Orius laevigatus*، وكانت المكافحة أفضل في ظروف الإضاءة الجيدة، وعندما كانت الإصابة بالتربس منخفضة ابتداء

٤- مكافحة صانعات الأنفاق:

تكافح صانعة الأنفاق *Liriomyza bryoniae* على الطماطم بالرش بالدايمثويت، والملاثيون. والدايزينون، والبيروثرويدات الجهازية، ولكن أمثال هذه المبيدات لا يمكن استعمالها ضمن برامج المكافحة المتكاملة التي تشتمل على عنصر المكافحة الحيوية

ويعرف حاليا عدد من المتطفلات التي تتطفل على صانعات الأنفاق، مثل: *Dactirsa sibirica*، و *Diglyphus isaea*، و *Opius pallipes*، وجميعها تستعمل على نطاق تجاري في مكافحة صانعات الأنفاق في الطماطم.

تضع المتطفلات الداخلية *Dactirsa*، و *Opius* بيضها داخل أجسام يرقات صانعات الأنفاق. وهي تحفر داخل الأنفاق، ويستغرق الطفيل ١٦ يومًا إلى أن ينضج (في حرارة ٢١°م)، حيث تعيش الأنثى الناضجة لمدة ١٠ أيام تضع خلالها حوالى ٩٠ بيضة.

أما *Diglyphus* فهو متطفل خارجي. وتضع الأنثى بيضها منفردا، كل بيضة منها على إحدى يرقات صانعة الأنفاق. تتغذى يرقة الطفيل — بعد فقسها — على عائلها، ثم تتحول إلى عذراء داخل النفق.

وتزود البيوت المحمية بمتطفلات صانعات الأنفاق، إما كعذارى في علب كرتونية صغيرة، وإما كأفراد في أنابيب بلاستيكية.

٥- مكافحة يرقات حشرات رتبة حرشفية الأجنحة:

تعرف يرقات رتبة حرشفية الأجنحة Lepidopterae باسم الجرارات caterpillars، وتشمل يرقات أبو دقيق والفراشات التي تعد من أخطر الآفات الزراعية. تكافح هذه اليرقات بنجاح كبير برشها بجراثيم البكتيريا *Bacillus thuringiensis*، أو ببلورات البروتين الذى تفرزه البكتيريا. علمًا بأنه ليست لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على

أية كائنات أخرى من تلك التى تستعمل فى المكافحة الحيوية. وتتوفر تحضيرات تجارية من هذه البكتيريا تستعمل فى المكافحة؛ مثل المبيد دايبل Dipel.

تكون هذه البكتيريا شديدة التأثير على اليرقات الصغيرة؛ ولذا .. يجب استعمالها بمجرد ملاحظة أضرار تغذية اليرقات على النباتات. وهى تعمل كَسُمّ مَعدى؛ حيث تتحلل البللورات البروتينية — داخل معدة اليرقة — إلى سُمّ يؤدى الأغشية المبطنة للقناة الهضمية للحشرة، ويؤدى إلى تورمها بشدة. هذا . وليس لهذا السُمّ أية تأثيرات على الإنسان أو الحيوانات الزراعية (عن Gould ١٩٨٧).

وقد أمكن نقل الجين المسئول عن تصنيع هذا البروتين السام — بطرق الهندسة الوراثية — من البكتيريا إلى عدد من الأنواع النباتية الهامة؛ منها الطماطم، والبطاطس، والقطن؛ الأمر الذى يجعل الأصناف التى تحمل هذا الجين مقاومة بطبيعتها لجميع يرقات الفراشات وأبو دقيق (يرقات رتبة حرشفية الأجنحة).

هذا .. ويبين جدول (٨-١) أمثلة لعديد من الأعداء الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة فى مكافحة الحشرات والعناكب فى البيوت المحمية.

مكافحة الأكاروسات

يستعمل العنكبوت المفترس *Phytoseiulus persimilis* فى مكافحة العنكبوت الأحمر العادى. ولكن يشترط لذلك أن تكون الحرارة بين ١٨°م، و ٢٤°م؛ حيث يكون تكاثر العنكبوت المفترس أسرع كثيرًا من تكاثر العنكبوت الأحمر. فمثلاً .. يتكاثر العنكبوت المفترس بمعدل يبلغ ضعف معدل تكاثر العنكبوت الأحمر فى حرارة ٢٠°م؛ وبذا يمكن الحيلولة دون زيادة أعداد العنكبوت الأحمر إذا أُدخل العنكبوت المفترس إلى الصوبة قبل بدء تكاثر العنكبوت الأحمر. هذا .. إلا أن كفاءة العنكبوت المفترس تقل كثيرًا فى الحرارة المنخفضة، ويتوقف عن التكاثر فى حرارة ٢٧°م، بينما يتكاثر العنكبوت الأحمر بسرعة كبيرة فى هذه الدرجة؛ حيث يكمل دورة حياته خلال ٣-٤ أيام.

جدول (٨-١). أمثلة للأعداء الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة فى البيوت المحمية

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات المستهدفة بالمكافحة
متطفل الذبابة البيضاء	*Encarsia formosa*	الذبابة البيضاء، وخاصة ذبابة البيوت المحمية البيضاء
متطفل الذبابة البيضاء	*Eretmocerous cremicus*	الذبابة البيضاء، وخاصة ذبابة أوراق الكوسة الفضية
	Eretmocerus mundus	
متطفل صانعات الأنفاق	*Diglyphus* spp., *Dacnusa* spp.	صانعات الأنفاق
مدمر الخنفساء المغبرة	*Cryptolaemus montrouzieri*	خنفساء الموالح المغبرة
متطفل الخنفساء المغبرة	*Leptomastix dactylopii*	خنفساء الموالح المغبرة
ذبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*	المنّ
متطفل المن	*Aphidius colemani*	منّ الخوخ ومنّ الكنتالوب
متطفل المن	*Aphidius ervi*, *Aphelinus abdomalis*	منّ البطاطس
مفترس حشرات التربة	*Atheta coriaria*	عذارى تربس الأزهار الغربى
النيماتودا الـ Entomopathogenic	*Steinernema feltiae*, plus others	يرقات بعوضة الفطر
العناكب المفترسة للتربس	*Hypoaspis miles*	عذارى تربس الأزهار الغربى
العناكب المفترسة للعنكبوت الأحمر	*Phytosciulus persimilis*, other phytoseiids	العنكبوت الأحمر
	Amblyscius californicus	
أسد المنّ	*Chrysoperla* sp.	المنّ - الذبابة البيضاء - العنكبوت الأحمر
قرصان الحشرات	*Orius insidiosus*	التربس وآفات أخرى
مفترس التربس	*Neoseiulus cucumeris*, Amblyseius degenerans	التربس
	Amblyscius cucumeris	
متطفل الفراشات	*Trichogramma brassicae*	بيض الفراشات

يتعين إدخال العنكبوت المفترس إلى داخل البيوت سنويًا فى كل موسم، لأنه - على خلاف العنكبوت الأحمر العدى - ليس له طور سكون، كما يجب توزيع أعداده بتجانس

داخل الصوبة. ويلاحظ أن العنكبوت المفترس شديد الحساسية لعديد من المبيدات التي تستعمل في حماية المحاصيل المزروعة، خاصة المبيدات الفسفورية العضوية والبيرثرويدية. ويكثُر العنكبوت المفترس — عادة — على نباتات الفاصوليا (عن Gould ١٩٨٧).

وقد تمكن Nihouls (١٩٩٣) من إحداث التوازن بين العنكبوت المفترس *P. persimilis* والعنكبوت الأحمر *T. urticae* في زراعات الطماطم المحمية، بإدخال العنكبوت المفترس من أحد جانبي الصوبة، مع مكافحة العنكبوت الأحمر — في جانب الصوبة الآخر — باستعمال المبيدات (توركيو ٥٠٪ Torque 50%، ونسّورن ٥٠٪ Nissorun 50%). وقد احتاج الأمر إلى ٣٣٠٠ فرد — فقط — من العنكبوت المفترس/١٠٠م٢ من الصوبة، وثلاث رشات بالمبيدات — على ٥٠٪ من النباتات — لأجل تأمين مكافحة العنكبوت الأحمر لمدة ٣٠ أسبوعًا، حيث إن التوازن المطلوب بين الكائنين استمر تلقائيًّا بمجرد حدوثه.

وأمكن تحسين المكافحة الحيوية للعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* في زراعات الخيار المحمية بالاستعانة بالعدو الطبيعي المتخصص *Stethorus punctillum* مع العدو غير المتخصص *Neoseiulus californicus* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

مشاكل المكافحة الحيوية

من أهم مشاكل تطبيق مبدأ المكافحة الحيوية في الزراعات المحمية ما يلي:

١- مشاكل تقنية تتعلق بالإنتاج المكثف للمتطفلات أو المفترسات؛ فهي يجب أن تُنتج على نطاق تجاري بمعرفة شركات متخصصة، وأن يكون استعمالها على أسس ثابتة ومستقرة؛ لكي تستمر هذه الشركات في عملها. وتنهض بهذا الدور في مصر — حاليًّا — وزارة الزراعة التي تقوم بالإنتاج التجاري لأسد المنّ، والفيروسات المستعملة في مكافحة فراشة درنات البطاطس.

٢- مشاكل إدارية تتعلق بضرورة المتابعة الدائمة والمستمرة لأعداد الحشرة الضارة، وأعداد الطفيليات أو المفترسات، وبدء التطفل أو الافتراس، وتوطده، واستمراره، مع استمرار التوازن المطلوب بين الطفيل أو المفترس وعائله.

٣- مشاكل نفسية يجب أن يواجهها المنتج الذى تعود على الحصول على مكافحة سريعة وكاملة للآفات باستعمال المبيدات، فهذا الأمر لا يتحقق أبدًا فى المكافحة البيولوجية. وعلى المنتج أن يغير من فلسفته ونظرته إلى كثير من الأمور، كما يلى:

أ- يتعين - بداية - إدخال أعداد محدودة من الحشرة الضارة التى يرغب فى مكافحتها والسماح لها بالتكاثر وإحداث ضرر محدود، لكى يتوفر الغذاء اللازم للمفترس أو الطفيل قبل إدخاله الصوبة، وإذا وجد المنتج صعوبة فى تقبل ذلك، فليس أقل من إدخال الحشرة ومفترسها أو طفيلها فى آن واحد، أو الانتظار لحين تكاثر الحشرة - طبيعيًا - وبداية أضرارها قبل إدخال أعدائها الطبيعيين.

ب- لا يمكن - أبدا - تحقيق مكافحة كاملة عند الاعتماد على المكافحة الحيوية؛ فالحشرة الضارة يجب أن تكون متواجدة باستمرار، وإلا انقرضت أعداءها التى لا تجد - حينئذٍ - غذاءً مناسبًا لها. وبذا فإنه يتعين تقبل بعض الأضرار الحشرية البسيطة فى ظل نظام المكافحة الحيوية، ولكن هذه الأضرار تبقى فى الحدود المسموح بها والمحددة سلفًا.

جـ- تكون المكافحة الحيوية بطيئة، فمثلاً قد تستغرق مكافحة المنكبوت الأحمر العادى مدة ٦ أسابيع.

٤- مشاكل فنية تتعلق بعملية التطبيق ذاتها، مثل:

أ- قد يؤدى أى تأخير فى إدخال الطفيل أو المفترس إلى الصوبة إلى حدوث أضرار كبيرة من جراء تكاثر وتغذية الآفة، التى قد تتزايد أعدادها إلى مستويات تفقد معها المكافحة الحيوية فاعليتها.

ب- ضرورة تغيير نمط بعض عمليات الخدمة الزراعية، مثل تقليل عمليات إزالة الأوراق السفلية والفروع الزائدة التى تأوى أعدادًا كبيرة من الطفيليات أو المفترسات النشطة بيولوجيًا.

جـ- قد يؤدى القضاء على الآفات الهامة - مع عدم استعمال المبيدات فى المكافحة - إلى تكاثر آفات أخرى واستفحال أخطارها. ويؤدى استعمال المبيدات فى مكافحة هذه الآفات إلى فشل المكافحة الحيوية.

استعمال مبيدات فى صورة أدخنة وأيروسولات وأبخرة

نظرًا للطبيعة المغلقة للبيوت المحمية، لذا فإنه كثيرًا ما يتم القضاء على الآفات الحشرية والعناكب التي فيها، وذلك باستعمال مبيدات فى صورة أدخنة smokes، أو أيروسولات aerosols، لكن يجب التنبيه إلى أن المبيد المستخدم بهذه الصورة لا يتبقى منه شئ بعد تهوية البيت؛ وعليه .. فإنه يجب توقيت إعادة المعاملة بالمبيد حسب دورة حياة الحشرة. فإذا كانت دورة الحياة تستغرق ٧ أيام، فإن المعاملة الأولى تقتل معظم الحشرات الكاملة، ولكنها لا تقتل البيض. وتؤدى المعاملة الثانية إلى قتل الحشرات التى لم يتم التخلص منها فى المعاملة الأولى، وكذلك قتل الحشرات التي فقست من البيض قبل أن تضع بيضا جديدا، ولكن الحشرات التى لم تقتل فى المعاملة الأولى تكون قد وضعت بيضها وهذه تفقس، ويتم التخلص منها في المعاملة الثالثة. وتتوقف الفترة بين المعاملة والأخرى على مدة دورة حياة الحشرة. وتتراوح دورة حياة معظم الحشرات بين ٥–٧ أيام، لكن المدة قد لا تزيد على ثلاثة أيام في الجو الحار، كما فى العنكبوت الأحمر، وبعض الحشرات، كالذبابة البيضاء. وعلى العكس من ذلك .. تطول دورة حياة الحشرات مع انخفاض درجة الحرارة. هذا .. ومن الطبيعى أن تزداد فترة فاعلية المبيد عندما يتبقى جزء منه على الأوراق (Nelson ١٩٨٥).

ومن أهم المواد المستخدمة فى هذا الشأن، ما يلى:

المبيد	الآفات التى يستعمل لأجل مكافحتها
أولا البخرات Fumigants	
الـ Aphid Smoke	المنّ، ونطاطات النباتات، والذبابة البيضاء (الطور البالغ)
الـ Ditho Smoke	العنكبوت الأحمر، والمنّ، والذبابة البيضاء، والتربس
النيكوتين Nicotine	المنّ والتربس
الثيودان Thiodan	المنّ والذبابة البيضاء
الفابونا Vapona	العنكبوت الأحمر، والمنّ، والذبابة البيضاء، والخنفساء المغبرة

المبيد	الآفات التى يستعمل لأجل مكافحتها
ثانيًا الأيروسولات Aerosols	
الرزمثرين Resmethrim	الذبابة البيضاء (الطور البالغ)، والتربس، وخنافس الخيار
الأورثين Orthene	المنّ، وصانعات الأنفاق، والتربس، والذبابة البيضاء

كما أمكن مكافحة البياض الدقيقى فى البيوت المحمية بأبخرة مبيد الفانجارد Vangard. تبلل قطع من الشاش، أو القماش القطنى، أو قماش البولى بروبيلين Polypropylene أو حبل بالمبيد، ثم تعلق قطع القماش فى أجزاء متفرقة من البيت، أو يربط الحبل بامتداد خطوط الزراعة يؤدى بخار المبيد إلى وقف النمو الفطرى ومنع إنبات الجراثيم. وقد استمرت فاعليته حتى مع تهوية البيوت. وقد أمكن بهذه الطريقة مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات وغيرها من المحاصيل (Szkolnik ١٩٨٣)

المكافحة بالرش بالمبيدات وبدائل المبيدات

على الرغم من الوعى العام بأخطار المبيدات على صحة الإنسان والبيئة، إلا أن استعمالها فى مكافحة الآفات فى البيوت المحمية مازال هو أكثر طرق المكافحة شيوعًا.

ومن أهم المشاكل التى تواجه استعمال المبيدات فى المكافحة فى البيوت المحمية ما يلى:

١- قلة أعداد المبيدات المرخص باستعمالها فى البيوت المحمية، فليست كل المبيدات المرخص باستعمالها على محصول معين فى الزراعات المكشوفة بصالحة له فى الزراعات المحمية، حيث تلاحظ زيادة حالات التسمم للإنسان وللنبات عند استعمال مبيدات معينة على محاصيل الصوبات، ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية كثيرًا بين نوعى الزراعات. ولكون البيوت المحمية ذات بيئة مغلقة.

٢- قِصَر فترة دورة حياة الحشرات والأكاروسات فى ظل ظروف الحرارة العالية فى الزراعات المحمية؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فترات قصيرة؛ مما يؤدى إلى ظهور سلالات جديد من تلك الآفات مقاومة للمبيدات المستعملة، وهو ما يحدث باستمرار فى كل من الذبابة البيضاء، والعنكبوت الأحمر.

٣- صعوبة مقاومة أطوار معينة من بعض الحشرات بالمبيدات، كما هى الحال بالنسبة لطور الحوريات فى حشرة الذبابة البيضاء؛ التى تعد من أخطر آفات الزراعات المحمية. وبمجرد تحول الحورية — التى تقاوم فعل المبيدات — إلى حشرة كاملة، فإنها تعاود التكاثر من جديد؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فترات متقاربة.

٤- حصاد جميع محاصيل الزراعات المحمية على فترات متقاربة؛ الأمر الذى يستحيل معه استعمال المبيدات الحشرية والأكاروسية خلال موسم الحصاد دون تعريض صحة الإنسان للخطر.

معاملات خاصة لزيادة فاعلية الرش بالمبيدات

أفاد استخدام جهاز لتوليد الضباب يعمل بالموجات فوق الصوتية ultrasonic fogging device فى الصوبات فى توصيل المبيدات إلى السطح السفلى للأوراق بدرجة مؤثرة جدًا، حيث وجدت أفراد ميتة من الذبابة عند المعاملة بالإميداكلوبرد imidacloprid بهذه الطريقة بمعدل منخفض جدًا وصل إلى ٧,٠٧ جم من المادة الفعّالة للهكتار (Simmons & Jackson ١٩٩٩).

استعمال بدائل المبيدات

يكثر استخدام بدائل المبيدات فى مكافحة الآفات فى البيوت المحمية، ويبين جدول (٨-٢) أمثلة لعديد من تلك البدائل وأوجه استخدامها فى المكافحة، كما يبين جدول (٨-٣) تأثير بعض من تلك البدائل على بعض الأعداء الحيوية للحشرات.

جدول (٨-٢). أمثلة لبعض بدائل المبيدات وأوجه استخدامها فى المكافحة.

المنتج	المن	الخنافس	اليرقات	بعوضة الفطر	ذبابة الفاكهة	نطاطات الأوراق	صانعات الأنفاق	الخنافس المنبرة	برغوث النبات	الترس	الذبابة البيضاء	الأكاروس الصدئ	العنكبوت الأحمر
Azadirachtin (Azatin, Ornazin, Neemix)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
Floramite													×
Beauveria bassiana (Botanigard)	×	×						×	×	×	×		
Bacillus thuringiensis kurstaki (Biobit, DIPel)			×										
Bacillus thuringensis aizawai (XenTari)			×										
Bacillus thuringiensis israelensis (Gnatrol)				×									
Insecticidal soap (M-Pede, Olympic)	×		×			×	×	×	×	×	×		
Spray oil (Ultra-Fine Oil)	×	×				×	×			×	×		×
Neem Oil (Trilogy 70%)	×							×		×	×'		
Nuclear Polyhedrosis Virus (Spod X)			×								×		
Nicotine (Fulex Nicotine)	×									×	×		
Pyrethrins + piperonyl butoxide (1100 Pyrethrum TR)	×	×	×	×	×	×		×		×	×		×
Endosulfan (Phaser, Thionex)	×	×	×			×				×	×		

جدول (٨-٣). تأثير بعض بدائل المبيدات المستعملة فى مكافحة الحشرات والعناكب فى البيوت المحمية للخضر والأعشاب على بعض الأعداء الحيوية للحشرات

	الاسم التجاري للمبيد	الاسم العادي للمبيد	*Encarsia formosa*	*Phytoseiulus persimilis*	*Amblyseius cucumeris*	*Orius insidiosus*
١	Azaton	Azadirachtin	H (adult)	H (nymph, adult)	?	H (nymph)
٢-	Floramite	bifenazate	S	S?	S?	S
٣-	Botanigard	*Beauveria bassiana*	S?	S?	S?	S?
٤-	DiPel, Gnatrol, etc.	*Bacillus thuringiensis* formulations	S	S	H (nymph, adult)	S
٥- ٦	M Pede Olympic	Insecticidal soap	H (pupa, adult, O)	H (egg, nymph, Adult, D)	H (egg, nymph,	?
	Ultra Fine Oil	Paraffinic oil	S	H (nymph, adult)	H (nymph, adult)	S
٧-	Spod X	Nuclear polyhedrosis virus	S	S	S	S
٨	Fulex Nicotine	nicotine smoke	H (adult, 0.5)	H (nymph, adult, 1)	H (nymph, adult, 1)	?
٩-	1100 Pyrethrum TR	pyrethrins + piperonyl butoxide	H (pupa, adult, 2)	H (nymph, adult, 1)	H (nymph, adult, 1)	H (adult, 0)
١٠	Thiodan	endosulfan	H (adult 8-12)	H (egg, nymph, adult, 1-2)	H (egg, nymph, adult, 6-8)	H (nymph, adult)

H ضار harmful، و S آمن safe، و ? غير معروف، و S? آمن غالبًا، ولكن لا توجد دراسات كافية تؤكد ذلك، و adult: الطور البالغ، و nymph: الحوريات، و egg: البيض، و pupa: العذارى، والأعداد فى الأقواس بعد H: عدد الأسابيع التى يبقى فيها المبيد ضار بعد المعاملة.

تبادل استخدام المبيدات وبدائل المبيدات التى تنتمى إلى مجموعات مختلفة

يفضل عند مكافحة الحشرات والعناكب تبادل استخدام المبيدات وبدائل المبيدات التى تنتمى إلى مجموعات مختلفة من طرق الفعل المؤثر.

ومن أهم مجموعات طرق الفعل mode of action groups والمبيدات التى تنتمى إليها، ما يلى:

أولاً: المجموعة ٢٦:

لا يُعرف على وجه التحديد فعلها المؤثر وإن كانت تعد من منظمات النمو الحشرية. ويدخل ضمنها مستخلص النيم.

يعد الآزاديراكتين Azadirachtin من أهم المواد الفعالة. تبلغ فترة الأمان قبل الحصاد pre-harvest interval (اختصارا PHI) صفرًا من الأيام، والفترة التى يتعين مرورها قبل معاودة دخول الصوبة العاملة re-entery interval (اختصارًا: REI) ٤ ساعات لكل من الـ Azatin XL، والـ Azatin XL Plus، و Neemix، و ١٢ ساعة للـ Ornazin

يستخدم فى مكافحة المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس، وصانعات الأنفاق، وبعوضة الفطر fungal gnats، والديدان، ويسمح باستخدامه مع كل الخضر والأعشاب.

ثانيًا: المجموعة ١١:

تتضمن المتلفات الميكروبية لأغشية المعى الحشرية، ومنا ما يلى:

١- البكتيريا *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*: (PHI = صفر يوم)، و REI = ٤ ساعات)

يُستخدم فى مكافحة الديدان القياسية، ودودة ثمار الطماطم xc وكيزان الذرة، والفراشة دات الظهر الماسى فى جميع الخضر والأعشاب، ومنها دايبل ٢ إكسDipel 2x

٢- البكتيريا *Bacillus thuringensis* subsp *aizawai* (PHI = صفر يوم، و REI = ٤ ساعات)

تُستخدم في مكافحة الديدان القياسة، ودودة ثمار الطماطم، وكيزان الذرة، والفراشة ذات الظهر الماسي في جميع الخضر والأعشاب، ومنها Xen Tari.

٣- البكتيريا *Bacillus thuringensis* subsp *israelensis* (PHI = صفر يوم، و REI = ٤ ساعات).

تستخدم في مكافحة يرقات بعوضة الفطر ويسمح باستخدامها مع كل الخضر، ومنها Gnatrol

ثالثًا: مجموعة غير مصنفة:

يمكن استخدام التحضيرات المبينة ضمن هذه المجموعة في نفس الدورة، ومنها ما يلي:

١- الفطر *Beauveria bassiana* (السلالة GHA) (الـ PHI = صفر يوم، والـ REI = ١٢ ساعة).

يُستخدم في مكافحة الذبابة البيضاء، والمنّ، والتربس في كل الخضر والأعشاب.

٢- زيت النيم neem oil (الـ PHI = صفر يوم، أو الـ REI = ٤ ساعات).

يُستخدم في مكافحة المنّ، والعنكبوت الأحمر، والذبابة البيضاء، والتربس، كما يستخدم في مكافحة بعض الأمراض الفطرية، وذلك في جميع الخضر والأعشاب، ومنه Triology

٣- الصابون الحشري insecticidal soap: (الـ PHI = يوم واحد، والـ REI = ١٢ ساعة).

يُستخدم في مكافحة المنّ، والذبابة البيضاء، والعنكبوت الأحمر، والتربس، والديدان في الخضر والأعشاب، ومنه M-Pede، و Olympic Insecticidal Soap.

٤- الزيت البارافيني paraffinic oil (الـ PHI = صفر يوم، و REI = ٤ ساعات).

يُستخدم في مكافحة المنّ، ويرقات الخنافس، والتربس، والذبابة البيضاء، والعنكبوت الأحمر في كل الخضر والأعشاب.

٥- الفيرس nuclear polyhydrosis virus (الـ PHI = صفر يوم، والـ REI = ٤ ساعات)

يستخدم فى مكافحة الديدان فى كل الخضر، ومنه Spod X LC.

٦- الميتالدهيد Metaldehyde (الـ PHI = صفر يوم، والـ REI = صفر ساعة).

يستخدم فى الطعوم السامة لمكافحة البزّاقات والقواقع فى كل الخضر، مع ضرورة عدم تلويث الأجزاء المأكولة من الخضر بالمبيد

رابعًا: المجموعة ٤ ب:

١- النيكوتين Nicotine (الـ PHI = يوم واحد للطماطم والخيار، و ٥ أيام للخس، والـ REI بعد التهوية الجيدة).

يستخدم فى مكافحة المنّ والتربس فى الخيار والخس والطماطم بالتدخين.

خامسًا: المجموعة ٣:

١- البيرثرينات pyrethrins + بيبرونيل بتوكسيد piperonyl butoxide (الـ PHI = صفر يوم، والـ REI = ١٢ ساعة بعد التهوية).

يستخدم فى مكافحة المنّ، والخنافس، واليرقات، والذباب، وبعوضة الفطر، والخنافس المغبرة، والتربس، والعنكبوت الأحمر فى كل الخضر والأعشاب.

٢- بيرثرم pyrethrum + روتينون rotenone (الـ PHI = ١٢ ساعة، والـ REI = ١٢ ساعة)

يستخدم فى مكافحة المنّ، والديدان القياسية، ودودة ثمار الطماطم، والخنافس، والذبابة البيضاء، والتربس، وذبابة الفاكهة فى كل الخضر والأعشاب، كما فى Pyrellin

سادسًا: المجموعة ٢أ:

هى مجموعة الـ cyclodiene organochlorines.

١- إندوسلفان Endosulfan (الـ REI = ٢٤ ساعة بعد انتهاء التهوية)

يستخدم فى مكافحة المنّ، والذبابة البيضاء، والديدان القياسية، ودودة ثمار الطماطم، والخنافس البرغوثية. الـ PHI – بالنسبة للمنتج Fulex Thiodan Smoke هو ٤ أيام للطماطم، و ٧ أيام للخيار، وبالنسبة للمنتج Thionex 50WP فإن الـ PHI يومان للطماطم.

ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

تتميز الزراعات اللاأرضية — خاصة المائية منها — بإمكان تطبيق وسائل لمكافحة الآفات فيها بيسر وسهولة وفاعلية كبيرة يصعب — أو يستحيل — تطبيقها فى الزراعات المحمية العادية، ومن هذه الوسائل ما يلى:

تعقيم أو تطهير المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

إن المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية ذوات النظم المغلقة — مثل تقنية الغشاء المغذى — تكون فى البداية خالية تمامًا من جميع المسببات المرضية وإذا ما حدث وتلوثت تلك المحاليل بمسببات الأمراض فإنه يمكن تعقيمها بصورة أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيئات الزراعة الأخرى. وسبب هذه السهولة فى التعقيم أن المحلول الغذائى المستعمل يمر جميعه من خلال ماسورة واحدة قبل تجمعه فى خزان المحلول.

ومن أهم الوسائل المستعملة فى تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة ما يلى:

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Utra-Violet:

تفيد هذه المعاملة — وحتى ٢٥٠ ميجا جول/سم^2 — فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحاليل المغذية، فمثلاً، وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية ($572\ Jm^{-2}h^{-1}$) — لمدة ٣ ساعات يوميًا طوال فترة زراعة الطماطم — أحدث نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠–٨٠٠ × ١٠^3 إلى ١٠– ٥٠ × ١٠^3/مل، لكن Collins & Jenswn (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجدية فى تقليل أعداد البكتيريا

المسببة للأمراض فى تقنية الغشاء المغذى فى المملكة المتحدة، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة فى أريزونا، لأنها أحدثت نقصًا فى أعداد البكتيريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة. أعقبته زيادة أعداد البكتيريا بعد ذلك إلى ما كانت عليه قبل الإشعاع، حتى مع استمرار الإشعاع وبينما تسببت المعاملة فى قتل الجراثيم السابحة (zoospores) لفطر الـ *Pythium* فى المحاليل المغذية، إلا أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد المخلوب إلى صورةغير ميسرة لامتصاص النبات، وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيد من الحديد بعد كل معاملة تعريض للأشعة.

ولكن وُجِد – لحسن الحظ – أن طرز الحديد المخلوبة تتباين فى مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٨٢).

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلة فعالة للتخلص من البكتيريا فى المحلول المغذى، كما أحدثت المعاملة تحسنًا فى النمو النباتى وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضًا قدره ٩٨٪ فى أعداد البكتيريا – مقارنة بخفض قدره ٨١٪ فقط فى حالة الجرعات المنخفضة – إلا أن الجرعات العالية أحدثت – كذلك – نقصًا جوهريًا فى النمو النباتى.

التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

تفيد هذه المعاملة – كذلك – فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحلول المغذى. ولكن يعتقد أنها تؤدى – مثل معاملة الأشعة فوق البنفسجية – إلى التأثير على تيسرهما الحديد المخلبى فى المحلول المغذى.

المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

تكون المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين بمعدل ١٠٠ جم/م^{3} مع منشط لمدة خمس دقائق. علما بأن هذه الطريقة تؤثر بالأكسدة، بما قد يؤثر على كل من الحديد والمنجنيز ويقلل من تيسرهما للنبات (عن Archer وآخرين ١٩٩٧)

المعاملة بالأوزون

تكون المعاملة بالأوزون ozonation بمعدل ١٠ مجم أوزون/م^{3} لمدة ساعة، علمًا بأن هذه الطريقة — كذلك — تؤثر بالأكسدة

التعقيم بالترشيح فى المزارع المائية المغلقة

من السهولة بمكان تمرير المحلول على مرشحات (فلاتر) تعمل على منع مرور الكائنات المسببة للمرض قبل وصول المحلول المغذى إلى خزان التجميع. وقد استعمل Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) فلاتر تحت ميكرسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠.٢٢ مللى ميكرون) فى مزارع مائية للخس، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩٪، وأحدثت تحسنًا فى النمو النباتى مقارنة بمعاملة الشاهد.

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر *Pythium aphanidermatum* يحدث مشاكل كبيرة فى المزراع المائية المغلقة للخيار والطماطم، لأن جراثيمه السابحة تنتقل مع المحلول المغذى لتصيب جميع النباتات فى المزرعة وقد أمكن مكافحة الفطر بصورة كاملة بإمرار المحلول المغذى الملوث بالجراثيم السابحة للفطر ثلاث مرات على مرشحين، أولهما ذو ثقوب بقطر ٢٠ ميكروميتر، وثانيهما ذو ثقوب بقطر ٧ ميكروميترات ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) — وحده — كافيًا للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر.

هذا .. إلا أن Lillo وآخرين (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوثت مرة أخرى بالبكتيريا، حيث لم يجدوا فرقًا معنويًا بين أعداد البكتيريا فى المحاليل المغذية المرشحة وغير المرشحة، وكل ما تأثر بعملية الترشيح هو تواجد المركبات العضوية (الكربونية) التى كان تركيزها الكلى ٢٣ جزءًا فى المليون فى المحاليل غير المرشحة، انخفض إلى ١٥ جزءًا فى المليون فى المحاليل المرشحة، وكانت جميعها من المركبات الشبيهة بالتانين واللجنين

وكان الترشيح الرملى البطئ slow sand filter كافٍ للتخلص من نحو ٨٢٪–٩٥٪

من فطر *Fusarium oxysporum* غير المرض فى المحاليل المغذية بالمزارع المائية المغلقة للخس (Oberti ١٩٩٥)

ويتوقف مدى كفاءة التخلص من المسببات المرضية من المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى المغلقة – باستعمال مرشحات رملية – على كل من دقة حبيبات الرمل فى المرشحات، وسرعة عملية الترشيح. ولقد قورنت مرشحات رملية من ثلاثة أحجام لحبيبات الرمل المستخدمة فيها: دقيقة (٠,١٥–٠,٢٠ مم)، ومتوسطة الدقة (٠,٢–٠,٨ مم)، وخشنة (٠,٥–١,٦ مم) مع سرعتين للترشيح، هما: ١٠٠، و ٣٠٠ لتر/م[٢] فى الساعة. وذلك على نفاذ كل من الفطرين *Phytophthora cinamomi*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. وفيرس موزايك الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى للطماطم. وقد أوضحت الدراسة، ما يلى:

١- مُنع الفطر *P. cinamomi* – تمامًا – من النفاذ من خلال المرشحين الدقيق والمتوسط الدقة عندما كانت سرعة الترشيح ١٠٠ لتر/م[٢] فى الساعة.

٢- أمكن التخلص من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *lcopersici* وفيرس موزايك الطماطم بنسبة ٩٩٪ خلال الأيام الثلاثة الأولى من الترشيح بسرعة ١٠٠ لتر/م[٢] فى الساعة، ولكن استمر تواجدهما فى المحلول المغذى لفترة طويلة؛ أى أفادت المرشحات فى إبطاء حركتيهما، ولكنها لم تلغ تواجدهما.

٣- نفذت المسببات المرضية الثلاثة من جميع الفلاتر عندما كانت سرعة الترشيح ٣٠٠ لتر/م[٢] فى الساعة (Runia وآخرون ١٩٩٧).

وقد أفاد الترشيح البطئ فى الفلاتر الرملية فى تخليص المحاليل المغذية فى المزارع المائية المغلقة من مسببات بعض الأمراض، وتبين فى إحدى الدراسات أن كفاءة التخلص من مسببات الأمراض بلغت ٨٦٪. وقد أمكن باتباع تلك الطريقة إبطاء انتشار الإصابة بالذبول البكتيرى فى الطماطم بدرجة كبيرة (Mine وآخرون ٢٠٠٢).

كما نجح استعمال المرشحات المانعة للتسرب وذات الثقوب الدقيقة (leak-proof, micropore filters) فى التخلص من الجراثيم السابحة لفطر البثيم – مسبب مرض عفن

بثيم الجذرى – من المحلول المغذى الدوار فى المزارع المائية للطماطم. استخدم لأجل ذلك نوعان من الفلاتر، هما:

أ- Membrane Module Filter ذات ثقوب سعة ٠,٠١ ميكروميتر يمكنه التخلص نهائيًا من الجراثيم السابحة والبكتيريا.

ب- Sediment Filter Cartridge ذات ثقوب سعة ٠,٥ ميكروميتر يمكنه التخلص من الجراثيم السابحة دون البكتيريا.

ويمكن لكلا النوعين من الفلاتر تحمل ضغط يصل إلى ٢,٥ كجم/سم٢ وتسمح بانسياب المحلول المغذى بمعدل ٥٠ لتر/دقيقة

تعد هذه الطريقة لتعقيم المحاليل المغذية أقل تكلفة من الطرق الأخرى، مثل المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية، والتعقيم الحرارى، والتعريض للأوزون، والمعاملة بالموجات فوق الصوتية (Tu & Harwood ٢٠٠٥)

كما دُرس تأثير كل من الترشيح الفائق tangential ultrafiltration system، والترشيح البطئ خلال الرمل slow sand filtration فى التخلص من المسببات المرضية التى قد تتواجد فى المزارع المائية، واستخدام – كبديل لتلك المسببات – الفطر *Pythium oligandrum*، والبكتيريا *Bacillus subtilis*، علمًا بأنهما من الكائنات المفيدة وليستا من المسببات المرضية، ولكنهما اختيرا كموديلين للكائنات الدقيقة لسهولة زراعتهما فى البيئات الصناعية، ولعدم إضرارهما بالنباتات، ولتشابهما مع الفطريات البيضية العادية والمسببات المرضية البكتيرية. ولقد أوضحت الدراسة أن الترشيح الفائق شديد الفاعلية فى التخلص من كل من *P. oligandrum*، و *B. subtilis* ، حيث لم يظهر أى أثر لهما باختبار الـ PCR فى المحاليل المغذية المرشحة. كذلك أدى الترشيح البطئ خلال الرمل إلى التحلص التام من *P. oligandrum*، ولكنه كان أقل كفاءة فى التخلص من *B. subtilis* (Belbahri وآخرون ٢٠٠٧).

ويُستدل من دراسة أجريت على انتشار جراثيم وأعضاء تكاثر الفطر *Phytophthora*

cactorum مُسبب مرض عفن التاج فى المزارع المائية المغلقة للفراولة إمكان منعه بالترشيح البطئ للمحلول المغذى باستخدام الفلاتر الرملية (Martinez وآخرون ٢٠١٠)

التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمرًا ممكنا، وكل ما تتطلبه هو توفير حل مناسب لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه فى المزرعة من جديد. ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم فى بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورة طبيعية، وإما بتخصيص خزانين للمحلول يتم تعقيم المحلول فى أحدهما، بينما يستعمل المحلول فى الآخر، على أن يُعْكَس الأمر كلما دعت الضرورة إلى تكرار عملية التعقيم.

ويكفى تسخين المحلول المغذى لمدة ٣٠ ثانية على ٩٥°م لأجل تطهيره بدرجة مقبولة (عن Archer وآخرين ١٩٩٧).

التحكم فى نسب ومستويات العناصر بالمحاليل المغذية

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية — خاصة مستويات العناصر الكبرى، ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين — دورًا هامًا فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية.

فمثلاً درس Dhanvantari & Papadopoulos (١٩٩٥) تأثير استعمال نسب مختلفة من البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحاليل المغذية (هى النسب: ٣٠٠:٣٠٠، ٤٠٠:٢٠٠، و ٤٨٠:١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض عفن الساق البكتيرى، الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovara* subsp. *carotovora* فى مزارع الصوف الصخرى. وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات — عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعا — هو ٤٣٥، و ٥٠٧، و ٦٣ ملليمترًا لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة، والمتوسطة، والعالية (المبينة أعلاه)، على التوالى.

وبدراسة تأثير التباين فى مستوى مختلف العناصر فى المحاليل المغذية بمزارع الصوف الصخرى على شدة الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى، وجد ما يلى:

١- ازدادت شدة الإصابة بالمرض جوهريًا بزيادة تركيز أى من النيتروجين الأمونيومى (مثل سلفات النشادر)، وفوسفات أحادى الصوديوم، والحديد المخلبى، وسلفات المنجنيز، وسلفات الزنك.

٢- انخفضت شدة الإصابة بزيادة تركيز أى من النيتروجين النتراتى (مثل نترات الكالسيوم) وكبريتات النحاس

٣- قللت المستويات المنخفضة من نترات النشادر (عند ٣٩ إلى ٧٩ جزء فى المليون من النيتروجين/لتر) من شدة الإصابة، إلا أن المستويات العالية منها (أكثر من ١٠٠ جزء فى المليون نيتروجين/لتر) أدت إلى زيادة الإصابة بالمرض.

٤- لم تتأثر شدة الإصابة بتركيز سلفات المغنيسيوم فى المحلول المغذى (Duffy & Défago ١٩٩٩).

وتؤدى زيادة النيتروجين فى الطماطم بزيادة تركيز العنصر فى المحلول المغذى إلى:

١- زيادة القابلية للإصابة بكل من البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية، والفطر *Oidium lycopersicum* مسبب مرضة البياض الدقيقى

٢- خفض القابلية للإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*.

هذا بينما لم يكن لتركيز النيتروجين بالنبات تأثيرًا على قابليته للإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Hoffland وآخرون ٢٠٠٠).

كما تزداد قدرة نباتات الطماطم على مقاومة البكتيريا *Ralstonia solanacearum* مسبب مرض الذبول البكتيرى — فى كل من الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة — بزيادة

تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية، علما بأن الأصناف ذات المقاومة العالية تتميز بالقدرة العالية على امتصاص الكالسيوم (Yamazaki ٢٠٠١).

لكن ليس من الممكن الحد من إصابة الخيار فى الزراعات المحمية بالبياض الزغبى عن طريق خفض تركيز النيتروجين فى المحاليل المغذية والتحكم فى محتوى الأوراق من العنصر (Tanaka وآخرون ٢٠٠٠).

التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى

يفيد التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى فى الحد من انتشار بعض الأمراض الهامة وقد أمكن بهذه الطريقة الحد من انتشار أعفان جذور السبانخ المتسببة عن الفطريات *Pythium aphanidermatum*، و *P. dissotocum* (Gold & Stanghellini ١٩٨٥)

إضافة المواد الناشرة إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية

تعتمد عديد من المسببات المرضية على الجراثيم السابحة zoospores فى إحداث الإصابة، حيث يعرف حوالى ١٤٣ نوعًا من تلك المسببات المرضية المكونة للجراثيم السابحة. والتى تتباين كثيرًا فى وضعها التقسيمى (جدول (٨-٤).

تشترك تلك المسببات المرضية فى صفة مشتركة وهى إنتاجها لجراثيم غير جنسية وحيدة الخلية متحركة ذات هدب واحد أو هدبين تعرف باسم الجراثيم السابحة، وهى تنتج إما داخل أوعية بها vesicles، وإما فى أكياس اسبورانجية sporangia وبعد انطلاقها من أوعيتها — وفى وجود الرطوبة الحرة — فإنها تسبح لفترة قصيرة تختلف من دقائق الى ساعات إلى أن تتمكن من خلال آلية كيميائية من رصد عائلها المناسب وتعد الجراثيم السابحة هى المسئول الأول عن انتشار المسبب المرضى المنتج لها والتعرف على عائله المناسب

جدول (٨-٤): المسببات المرضية الهامة المنتجة للجراثيم السابحة (عن Stanghellini & Miller ١٩٩٧).

الجنس	العائلة	الرتبة	الصف
Albugo	Albuginaceae	Peronosporales	Oomycetes
Peronophythora	Pythiaceae		
Phytophthora			
Pythium			
Plasmopara	Peronosporaceae		
Pseudoperonospora			
Sclerophthora			
Sclerospora			
Aphanomyces	Saprolegniaceae	Saprolegniales	
Synchytrium	Synchytriaceae	Chytridales	Chytridiomycetes
Olpidium	Olpidiaceae	Spizellomycetales	
Physoderma	Physodermataceae	Blastocladiales	
Plasmodiophora	Plasmodiophoraceae	Plasmodiophorales	Plasmodiophoromycetes
Polymyxa			
Spongospora			

يتبين مما تقدم أن مسببات الأمراض المنتجة للجراثيم السابحة zoospores تحدث أخطر أمراض الجذور فى الزراعات المائية المغلقة، حيث تتسبب الجراثيم السابحة — التى تُحدث الإصابات الأولية — فى الانتشار السريع جدًّا للمرض عن طريق المحلول المغذى الدوّار.

وقد وجد أن المواد البيولوجية الناشرة biosurfacts — مثل الرامنوليبيدات rhamnolipids، والسابونين saponin — كان لها تأثير قوى فى مكافحة أحد تلك المسببات المرضية — وهو: *Phytophthora capsici* — فى الفلفل؛ فقد أدت إضافة الرامنوليبيد إلى المحلول المغذى بتركيز ١٥٠ ميكروجرام مادة فعالة/مل، أو السابونين بتركيز ٢٠٠ ميكروجرام مادة فعالة/مل إلى قتل الجراثيم السابحة للفطر، ومنع انتشار

الفطر بنسبة ١٠٠٪، سواء استخدم الصوف الصخرى، أم مخلوط مجهز كبيئة للزراعة وفى غياب المعاملة بأى من المادتين الناشرتين، فإن جميع نباتات المزرعة ماتت فى خلال ٦–٧ أسابيع من عدوى السويقة الجنينية السفلى لنبات واحد بالفطر، وهو النبات الذى كان المصدر الذى حدثت منه الإصابات الثانوية. كذلك فإن حقن الرامنوليبيد فى خط الرى – فى كل رية – أدى إلى مكافحة المرض بنسبة ١٠٠٪. ويعنى ذلك أن الناشرات الحيوية يمكن أن تكون بدائل مناسبة للمواد الناشرة الصناعية وميكروبات المكافحة الحيوية المستخدمة فى مكافحة المسببات المرضية المنتجة للجراثيم السابحة فى نظم الزراعات المائية المغلقة (Nielsen وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد استخدمت المواد الناشرة المحضرة صناعيًّا synthetic biosurfactants – التى تقلل من التوتر السطحى – فى مكافحة الأمراض التى تنتشر بواسطة الجراثيم السابحة. وكان أول استعمال لهذا الغرض فى مكافحة فيرس العرق الكبير فى الخس الذى ينتقل للخس بواسطة الجراثيم السابحة للفطر *Olpidium brassicae*، الأمر الذى اكتشف دون قصد حين وجد أن بعض المبيدات – مثل benzimidazole – تكافح الفطر. ثم تبين أن المواد الخاملة inert material التى توجد فى هذا المبيدات – وفى عدد كبير غيره – تعد مواد ناشرة، وأنها هى التى تؤثر فى الجراثيم السابحة للفطر. وقد استخدمت بعد ذلك مادة ناشرة غير أيونية هى أجرال ٩٠ Agral 90 (إنتاج ICI) فى مكافحة المرض فى المزارع المائية التجارية للخس، ثم ثبتت فاعليته فى مكافحة فيرس بقع الكنتالوب المتحللة melon necrotic spot virus فى الخيار، والذى ينقله نفس الفطر.

وقد أعقب ذلك استخدام المواد الناشرة المصنعة فى مكافحة بعض المسببات المرضية لأمراض الجذور، مثل *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora parasitica*، و *Phytophthora capsici*.

يؤدى استعمال تلك المواد الناشرة إلى فقدان الغشاء البلازمى للجراثيم السابحة لنفاذيتها، ومن ثم فقدها لقدرتها على الحركة، ثم موتها (Stanghellini & Miller ١٩٩٧).

وقد أمكن مكافحة الفطر *Olpidium brassicae* الناقل لمرض تحلل الخس الحلقى lettuce ring necrosis disease فى مزارع الغشاء المغذى للخس، وذلك بمعاملة المحلول المغذى بكل من الـ thiophenate-methyl والزنك مجتمعين، علمًا بأن المعاملة بأى منهما منفردًا لم تُعط نفس المستوى من المكافحة (Vanachter ١٩٩٥).

كما أمكن مكافحة الفطر *Phytophthora nicotianae* فى المزارع اللاأرضية للطماطم باستعمال المواد الناشرة الـ non-ionic alcohol alkoxylate (مثل MBA1301، و MBA1303) أدت تلك المركبات إلى موت الجراثيم السابحة كلية وخفض إنتاج الأكياس الجرثومية الاسبورانجية لدى استعمالها بتركيز ٥ ميكروجرام/مل إلا أنها لم تكن مؤثرة على النمو الميسيليومى عندما استعملت بتركيز ١٠٠ ميكروجرام/مل (De Jonghe وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بالسيليكون

عرفت أهمية السيليكون فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض منذ أواخر السبعينيات، عندما وجد أنه يفيد فى مكافحة أمراض عصفة الأرز Rice Blast، ولفحة الغمد Sheath Blight فى الأرز، والبياض الدقيقى فى الشعير، والقمح، والخيار.

وفى البداية كان يضاف السيليكون إلى التربة بكميات كبيرة وصلت إلى ٤,٥ طنًا من SiO_2/هكتار لمكافحة البياض الدقيقى فى القمح، بينما تطلبت مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار إضافة ٢-٤ أطنان من سيليكات الكالسيوم، أو ٢,٢٥-٤,٥ طنًّ من سيليكات البوتاسيوم للهكتار

وتلَتْ ذلك محاولة إضافة السيليكون إلى النباتات بطريقة الرش على النموات الخضرية، حيث استعملت كل من ميتاسيليكات الصوديوم sodium metasilicate بتركيز ٤٤٠ جزءًا فى المليون، وإيثوكسى سيلاتران 1-ethoxysilatran بتركيز ١٨٠ جزءا فى المليون فى مكافحة مرض عصفة الأرز.

وقد وجد Menzies وآخرون (١٩٩٢) أن رش نباتات الخيار، والقاوون والكوسة بمحلول سيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٧ مللى مولار سيليكون، أو إضافة السيليكون — بالتركيز نفسه — إلى المحاليل المغذية للمزارع المائية التي تنمو فيها النباتات — قبل يوم من حقنها بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* (المسبب للبياض الدقيقى فى الخيار والقاوون)، أو بالفطر *Erysiphe cichoracearum* (المسبب للبياض الدقيقى فى الكوسة) — أحدث نقص معنويًا فى إصابتها بالبياض الدقيقى مقارنة بمعاملة الشاهد. وأوضحت الدراسة أن السيليكون — وليس البوتاسيوم فى معاملة سيليكات البوتاسيوم — كان هو المسئول عن المقاومة للبياض الدقيقى.

كذلك وجد أن إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية يحد كثيرًا من الإصابة بالفطرين *Pythium ultimum*، و *Pythium aphanidermatum* فى الخيار، وكلاهما من الفطريات الخطيرة التى يمكن أن تنتشر بسرعة كبيرة فى المزارع المائية فى الظروف البيئية المناسبة. ويتبين من دراسات Cherif وآخرين (١٩٩٢، و ١٩٩٤) أن إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (١٫٧ مللى مولار) إلى المحاليل المغذية أحدثت نقص جوهريًا فى الإصابة بالفطر *P. aphanidermatum* (عند حقن المزارع به)، مع زيادة المحصول الكلى للخيار، والمحصول الصالح للتسويق، والوزن الجاف للنباتات مقارنة بمعاملة الحقن بالفطر دون إضافة للسيليكون. كما أوضحت الدراسة أن معاملة السيليكون وحدها — دون الحقن بالفطر — لم يكن لها تأثيرات إيجابية على النباتات.

وأدت إضافة السيليكون إلى المحلول المغذى — فى مزارع الصوف الصخرى — بتركيز ٠٫٧٥ مللى مولار باستعمال ميتاسيليكات البوتاسيوم إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣٫٢٪. مقارنة بمعاملة عدم إضافة السيليكون كما أحدثت إضافة السيليكون انخفاضًا فى معدل الإصابة بالفطر *Fulvia fulva*، ولكن إضافته لم يكن لها أى تأثير على القدرة التخزينية للثمار المنتجة (Tanis ١٩٩١)

وقد أدى نمو نباتات الخيار فى محلول مغذٍ يحتوى على السيليكون إلى سرعة

ترسيب العنصر فى أنسجة الورقة، وخاصة فى قواعد الشعيرات، مع زيادة فى مقاومة النباتات للفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى، مع تركيز العنصر فى نسيج البشرة حول مواقع الإصابة بالفطر (Samuels وآخرون ١٩٩١).

وفى مقابل مزايا إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية، فإنه — بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون — يُكْسِبُ الثمار لونًا شاحبًا غير عادى (Samules وآخرون ١٩٩٣).

وأمكن فى المزارع المائية مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الخيار، والقاوون، والكوسة بإضافة سيليكات البوتاسيوم إلى المحلول المغذى بتركيز ١,٧ مللى مولارًا من السيليكون، أو رش النباتات بمحلول من المركب ذاته بتركيز ١٧,٠ مللى مولارًا من السيليكون قبل سبعة أيام من عدواها بالفطر المسبب للمرض، حيث أدت أى من هاتين المعاملتين إلى تقليل ظهور الإصابة بالمرض (Menzies وآخرون ١٩٩٢).

وأدى نمو النباتات فى بيئة غنية بالسيليكون إلى زيادة ترسبه فى أنسجة الورقة، وخاصة عند قواعد الشعيرات trichomes، وصاحب ذلك زيادة فى مقاومة النباتات للفطر المسبب للبياض الدقيقى *S. fuliginea*، وكذلك ترسبه فى خلايا البشرة المحيطة بمواقع إصابة الفطر للأوراق (Samules وآخرون ١٩٩١)، ولكن المعاملة أدت كذلك إلى اكتساب الثمار لونًا شاحبًا غير طبيعى (Samules وآخرون ١٩٩٣).

وقد برهنت دراسات Fawe وآخرون (١٩٩٨) على أن السيليكون يعمل على زيادة مقاومة نباتات الخيار للفطر المسبب للبياض الدقيقى، وذلك بتحفيزه للنشاط الأيضى المضاد للفطر فى الأوراق المصابة، بتكوينه لنواتج أيضية ذات وزن جزيئى منخفض. وقد عزلت إحدى تلك المركبات — التى اعتبرت من الفيتوألاكسينات Phytoalexins — وعُرِّفت بأنها فلافونول أجليكون flavonol aglycone، وتم تحديد تركيبها الكيميائى.

المعاملة بالسيلينيم

أدت إضافة السيلينيم إلى المحاليل المغذية بتركيز ٠,٧٥ مللى مولارًا إلى خفض الإصابة بالبياض الدقيقى فى الخيار بنسبة تراوحت بين ١٠٪، و ١٦٪ (Dik وآخرون ١٩٩٨).

المعاملة بالقماش المغطى بالفضة

أدى وضع قماش مغطى بالفضة silver-coated cloth فى المحلول المغذى لمزرعة مائية للخيار إلى خفض إصابته بالفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض عفن الجذور من ١٠٠٪ إلى ٢٠٪ بعد العدوى بالجراثيم السابحة للفطر، وقد أرجع ذلك ليس فقط إلى أيونات الفضة التى تذوب من القماش المغطى بالفضة، وإنما كذلك إلى الفضة المعدنية ومركبات الفضة التى تتكون على سطح الجذور (Zhao وآخرون ٢٠٠٠).

المعاملة بمثبطات النمو

وجد أن المعاملة بمثبط النمو 3-indole propionic acid بتركيز ٥–١٠ ميكروجرام/مل وفرت حماية تامة للطماطم من الإصابة ببكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearum* فى الزراعات المائية، عند تواجد البكتيريا بمعدل ١٠^٨ وحدة مكونة للمستعمرات cfu/مل. هذا علمًا بأن المركب لم يضر بالطماطم في تركيزات تقل عن ١٠ ميكروجرام/مل. وقد حدثت جلكزة glucosination لهذا المركب فى نباتات الطماطم؛ مما يعنى أنه قد يكون من المكن استعماله فى مكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم في الزراعات المائية (Dogo وآخرون ١٩٩٧).

كما أدت إضافة حامض السلسيلك بتركيز ٢٠٠ ميكرومول/لتر إلى المحلول المغذى في مزارع الطماطم المائية إلى إحداث زيادة جوهرية فى محتوى النباتات الطبيعى من الحامض. حيث ازداد محتواه الحر بمقدار ٦٥ مرة فى خلال ٤٨ ساعة. وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الجين PR-1B المسئول عن إنتاج بروتين متعلق بالمقاومة، وذلك فى خلال ٢٤ ساعة فقط من بدء المعاملة بحامض السلسيلك وقد أدى حقن تلك النباتات بكونيدات الفطر *Alternaria solani* إلى ظهور المرض بدرجة أقل بنسبة ٧٧٪ مما فى نباتات الكنترول. وذلك من خلال تنشيط مقاومة جهازية فى النبات (Spletzer & Enyedi ١٩٩٩).

تجميع الجراثيم الفطرية المتواجدة فى المحاليل المغذية

تمكن العلماء اليابانيين من تطوير جهاز يقوم بتوليد الأوزون وتجميع الجراثيم الفطرية، وباستعماله فى المزارع المائية للطماطم فإن النباتات لم تصب بأى من البكتيريا *Ralstonia solanacearum* أو الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* اللذان يصيبا النباتات عن طريق الجذور، أو الفطر المسبب للبياض الدقيقى *Oidium neolycopersici* الذى يصيب النبات عن طريق النموات الهوائية (Shimizu وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بالمركبات الشيتينية

المركبات الشيتينية Chitinic هى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية. ويصنع من هذه المركبات تحضيرات تجارية تفيد فى مكافحة الأمراض النباتية، مثل تحضير الشيتوسان Chitosan.

وقد وجد El-Ghaouth وآخرون (١٩٩٤) أن إضافة الشيتوسان إلى المحاليل المغذية — فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — بتركيز ١٠٠ أو ٤٠٠ جزء فى المليون — أدى إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum*، ونشَّط فى النباتات عدة استجابات دفاعية، منها: تكوين موانع فيزيائية تركيبية structural barriers فى أنسجة الجذر، وتحفيز تكوين الإنزيمات المضادة للفطريات Chitinase، و Chitosanase، و β-1,3-glucanase فى كل من: الجذور، والأوراق. وبينما لم يكن للشيتوسان تأثيرات ضارة على الخيار، فإنه أثر سلبيًا على نمو الفطر المسبب للمرض، حيث أحدث تورمات فى جدره الخلوية، وأدى إلى تكوين فجوات بخلاياه، وتسبب — أحيانًا — فى تحلل البروتوبلازم فيه.

وأحدثت معاملة بيئات زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥–٣٧ مجم/لتر نقصًا جوهريًا فى الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* وما يحدثه من أضرار بالنمو الجذرى وموت للنباتات. وكان التركيز الأعلى

هو الأفضل فى تقليل الإصابة حيث انخفض معها معدل موت النباتات بأكثر من ٩٠٪، وكان محصول الثمار معادلاً للمحصول فى حالة غياب الفطر المرض. وقد أثر الشيتوسان من خلال زيادته مقاومة النباتات لاستعمار الفطر لها، حيث ظل الفطر فى النباتات المعاملة بالشيتوسن محصورًا فى طبقتى البشرة والقشرة، وظهر بالهيفات الفطرية اضطرابات خلوية على صورة زيادة فى الفجوات وغياب كامل للبروتوبلازم. كما تكون بالعائل حواجز تركيبية عند أماكن محاولة اختراق الفطر له، كذلك حدث فيه انسداد للأوعية الخشبية بتكوين تيلوزات tylosis، وفقاقيع، ومواد osmophilic (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦)

المعاملة بالمبيدات

يمكن إضافة المبيدات الفطرية والحشرية الجهازية بيسر وسهولة، وبكفاءة عالية إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية، خاصة المزارع المغلقة منها، الأمر الذى يحد كثيرًا من تكلفة المعاملة بالمبيدات، فمثلاً وجد Grote & Bucsi (١٩٩٢) أن إضافة مبيد رادوميل ريئب إلى المحاليل المغذية بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون وفّر حماية لنباتات الطماطم من الإصابة بالفطر *Pytophthora nicotianae* var. *nicotianae* لمدة ٤٠ يومًا فى مزارع الصوف الصخرى. وقد نقصت الحماية التى وفرها المبيد بمرور الوقت، ولكن أمكن توفير حماية كاملة ضد المرض بمعاملتين من المبيد يفصل بينهما ٢١ يومًا، لتجنب حدوث أى تسمم للنباتات من المبيد. وكانت المعاملة الوقائية بالمبيد أفضل من المعاملة العلاجية، إلا أن المعاملات العلاجية التى أجريت فى المراحل الأولى للإصابة بالفطر كانت فعّالة كذلك. وبمقارنة النمو النباتى للطماطم فى مختلف المعاملات كان أفضل نمو فى المزارع غير المعاملة بالمبيد وغير المحقونة بالفطر، ثم فى المزارع المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر، ثم أخيرًا فى المزارع غير المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر.

كما أفاد استعمال الميتالاكسيل Metalaxyl فى مكافحة لفطر *Pythium aphanidermatum* فى المزارع المائية

كذلك .. فإن ٥٠ جزءًا فى المليون من البينوميل فى المحاليل المغذية لمزارع تقنية الغشاء المغذى تحمى نباتات الخيار من الإصابة بالبياض الدقيقى.

كما وجد أن جذور الكرنب الصينى والخس المصابة بعفن بثيم الجذرى فى المزارع المائية تُنتج جراثيم سابحة تنتقل فى المحلول المغذى، ويمكنها إصابة جذور النباتات المجاورة لها. وقد أمكن مكافحة المرض — بفاعلية — بإضافة مبيد الميتالاكسيل metalaxyl MZ للمحلول المغذى بتركيز ٠,٥٨ جزءًا فى المليون (Huang وآخرون ١٩٩٤).

هذا ولا يمكن استعمال المبيدات الجهازية — بالصورة السابقة — مع النباتات النامية فى التربة، عن طريق إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط؛ بسبب تعارض التربة مع تيسر المبيد للنبات، الأمر الذى يتطلب زيادة الكمية المستعملة منه، مع ضرورة إضافته على فترات أكثر تقاربًا مما فى حالة المزارع المائية.

المكافحة الحيوية

أدى إدخال أى من عدد من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للفطر *Pythium aphanidermatum* فى المحاليل المغذية للمزارع المائية للخيار إلى الحد من الإصابة بالفطر، وكانت الكائنات الدقيقة المستعملة هى:

Streptomyces griseoviridis	*Pseudomonas fluorescens*
Trichoderma harzianum	*Pythium oligandrum*

وقد ارتبطت شدة تثبيط الفطر المعرض إيجابيًا بعدد الأكتينوميسيتات الخيطية المتواجدة فى المحلول المغذى بوسائد الصوف الصخرى. وقد أوصى بعدم تطهير المحاليل المغذية فى النظام المغلق حتى لا يتم التخلص من تلك الأكتينوميسيات، علمًا بأن أعداءها انخفضت قليلاً بعد المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية، وأصبحت وسطًا بعد الترشيح البطئ، بينما كانت أعلى ما يمكن فى الكنترول (Postma وآخرون ٢٠٠١).

وقد أمكن عزل سلالات من كل من البكتيريا *Pseudomonas* sp. ، و *Azospirillum* sp.، و *Bacillus* sp من المحيط الجذرى لنباتات الطماطم والخيار فى الزراعات المائية كانت

مضادة لكل من المسببات المرضية .*Fusarium* sp، و *Pythium* sp، و .*Rhizoctonia* sp (Chao وآخرون ١٩٩٧).

ومن أمثلة وسائل المكافحة الحيوية التى يسهل تطبيقها فى المزارع المائية المغلقة ما يلى:

إضافة بكتيريا الـ Pseudomonads:

تعرف عدة أنواع بكتيرية مفيدة للنباتات تتبع الجنس *Pseudomonas*. تعيش هذه البكتيريا في التربة في منطقة النمو الجذرى (الـ Rhizosphere) للنباتات، وتعمل على تحفيز النمو النباتي. كما تُضاد نمو وتكاثر بعض الأنواع الميكروبية الأخرى المرضة للنباتات.

وقد وجد Buysens وآخرون (١٩٩٣) أن تزويد مزارع الطماطم المائية (تقنية الغشاء المغذى) بالسلالة 7NSK2 من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* أعطى مكافحة جيدة للفطر .*Pythium* spp. وأمكن التغلب على الذبول الطرى لبادرات الطماطم بمعاملة البذور بالفطر *P. aeruginosa*، ووفرت حماية إضافية من الإصابة بالفطر، وذلك بإضافة البكتيريا إلى المحلول المغذى ذاته.

كذلك درس Rankin & Paulitz (١٩٩٤) تأثير إضافة عدد من عزلات النوعين البكتيريين *Pseudomonas corrugata*، و *P. fluorescens* على نمو نباتات الخيار وحمايتها من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* فى مزارع الصوف الصخرى. وعلى الرغم من تباين العزلات في مدى تأثيرها، إلا أن كلا النوعين البكتيريين أحدثا زيادة كبيرة فى الوزن الجاف للنبات. وزيادة بنسبة ٣٢٪–٤١٪ فى عدد الثمار فى غياب الفطر. بينما كانت الزيادة فى عدد الثمار الصالحة للتسويق عند إضافة البكتيريا — مقارنة بمعاملة الشاهد — أكثر من ٦٠٠٪ فى وجود الفطر

إضافة فطريات الميكوريزا Mycorhizae:

توفر فطريات الميكوريزا — التى تعيش وهى متصلة اتصالاً بيولوجيًّا وثيقًا بجذور

النباتات — عدة فوائد للنباتات، لعل من أبرزها توفير العناصر المغذية للنبات، خاصة عنصر الفوسفور، ومساعدة النبات على تحمل الظروف البيئية القاسية — خاصة ظروف الجفاف — وتوفير الحماية للنباتات من الإصابة ببعض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، خاصة تلك التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجذور.

وقد وجد Rattink (١٩٩٣) أن إضافة فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مزارع تقنية الغشاء المغذى أدت إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج والجذر الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، حيث انخفضت نسبة النباتات المصابة — نتيجة لإضافة فطر الميكوريزا بنحو ٧٠٪ أو أكثر. وبالمقارنة .. فإن معاملة المزرعة المائية — بعزلة من *Streptomyces griseoviridis* أو بعزلتين غير ممرضتين non-pathogenic من الفطر *F. oxysporum* — لم تنجح فى مقاومة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى بكفاءة فطر الميكوريزا.

إعادة استعمال الصوف الصخرى مع تدوير وإعادة استعمال المحاليل المغذية

أوضحت دراسات Postma وآخرون (٢٠٠٠) أن الصوف الصخرى المستعمل والذى سبق أن استخدم فى إنتاج خيار لم تحدث فيه إصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض عفن الجذر والتاج .. هذا الصوف الصخرى إذا ما استعمل فى إنتاج محصول جديد من الخيار دونما تعقيم فإن الخيار النامى عليه لا يصاب بالمرض. هذا فى الوقت الذى قد تتعرض فيه نباتات الخيار للإصابة بالفطر إذا ما تم تعقيم هذا الصوف الصخرى قبل استعماله فى الزراعة، أو إذا ما استعمل صوف صخرى جديد. وقد تبين احتواء الصوف الصخرى المستعمل المثبط للفطر المرض على مجموعات بكتيرية وفطرية معينة لا تتواجد فى الصوف الصخرى الجديد.

وقد أوضحت الدرست أن بكتيريا المحيط الجذرى التى توجد فى مزارع الصوف الصخرى قد تلعب دورا فاعلا فى حماية الخيار من الإصابة بعفن جذور بثيم، ولذا فإن اتباع النظام المغلق closed system الذى يستمر فيه ضخ وإعادة استعمال المحلول المغذى أفضل من الـ open system (Tu وآخرون ١٩٩٩).

وأدى تلقيح وسائد الصوف الصخرى بالبكتيريا *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* – مسببة مرض التقرح البكتيرى – موتا بنسبة ١٠٠ ٪ لنباتات الطماطم النامية بها فى السنة الأولى للتلقيح، إلاَّ أن تلك النسبة انخفضت إلى ٧٠٪، ثم إلى ٥٨. عند استعمال نفس الوسائد فى إنتاج الطماطم فى السنتين التاليتين، على التوالى، مما يرجح وجود مثبطات ميكروبية فى المحيط الجذرى ازداد تواجدها فى الصوف الصخرى المعاد استخدامه فى الزراعة (Slusarski ٢٠٠٩).

وسائل المكافحة المتكاملة لبعض الأمراض الهامة فى الزراعات المحمية

وسائل الحد من الإصابة بأمراض الجذور وقاعدة الساق بصورة عامة

تكثر الإصابة بتلك الأمراض فى معظم محاصيل الزراعات المحمية (مثل الطماطم والفلفل والباذنجان والكنتالوب والخيار)، وللحد من أخطارها تجب مراعاة ما يلى:

أولاً: الممارسات الزراعية:

١– عدم السماح لوسائد الصوف الصخرى بالجفاف عند سطحها العلوى. ذلك لأن الأملاح التى تتراكم حول قاعدة الساق جراء ذلك تضر بالساق وتحفز الإصابة المرضية. كذلك يجب تجنب زيادة الرى الذى يحفز الإصابات.

٢– عدم تنقيط المحلول السمادى عند قاعدة الساق، وذلك بوضع النقاط بعيدًا قليلاً عن الساق

٣– تجنب استعمال تركيزات عالية من المحلول السمادى. وهى التى يمكن أن تسهم فى زيادة أضرار الملوحة

٤- تجنب تداخل الزراعات المتتالية من نفس المحصول.

ثانيًا: منع الإصابة:

١- التأكد من عدم حمل وسائد الصوف الصخرى للجراثيم المرضية.

٢- التأكد من خلو الشتلات من الإصابات المرضية، وأن لا تستخدم سوى الشتلات التى تبدو سليمة.

٣- تعليم النباتات التى تظهر عليها الإصابة، وعدم لمس الأجزاء المصابة منها.

٤- العمل فى الأجزاء السليمة من الصوبة أولاً والانتهاء بالأجزاء التى توجد بها نباتات مصابة.

٥- عدم نقل معدات وأدات زراعية من أجزاء الصوبة التى توجد بها نباتات مصابة إلى الأجزاء السليمة.

ثالثًا: إجراءات النظافة العامة:

١- التخلص من وسائد الصوف الصخرى، والأكياس، وبيئات الزراعة التى نمت فيها نباتات مصابة.

٢- عدم إعادة استخدام أية وسائد أو أكياس أو بيئات زراعة إلا إذا عُقِّمت بالبخار.

٣- التخلص من الخيوط التى تُربط بها النباتات، لأنها قد تكون ملوثة بجراثيم مرضية من النباتات المصابة.

٤- تعقيم مراقد الزراعة فى حالة الزراعة فى التربة.

٥- يكون التخلص من بيئات الزراعة بالطمر فى التربة بعيدًا عن الصوبات.

٦- التخلص من النباتات المصابة ومن بقايا المحصول السابق — المصاب — بنفس الطريقة بالطمر فى التربة بعيدًا عن الصوبة.

٧- تجنب تداول النباتات المصابة.

٨- تقليع النباتات المصابة بحرص، مع تجنب ملامسة الأجزاء المصابة منها للنباتات المجاورة لها، ومع وضعها فى أكياس بلاستيكية، وإزالة نباتين آخرين على كل من جانبى النباتات التى تظهر عليها الإصابة.

٩- إذا ما تم التخلص من النباتات المصابة في كومات النفايات، فإن تلك الكومات يجب أن تكون بعيدة عن الصوبات، وأن تغطى بالبلاستيك لكي لا ينقل الذباب الذى يحط عليها جراثيم الأمراض إلى داخل الصوبة

١٠- يمكن — كذلك — التخلص من النباتات المصابة بالحرق

١١- تطهير الصوبات جيدًا في نهاية موسم الزراعة.

١٢- توفير مطهرات للخوض فيها في كل مداخل الصوبات

١٣- تطهير أدوات التقليم بعد كل مرة تُستخدم فيها تلك الأدوات في تقليم نباتات مصابة

١٤- تطهير متعلقات العمال الزراعيين بعد انتهائهم من العمل في الأماكن المصابة من الصوبة

١٥- تجديد أو تطهير خراطيم الرى — بالتنقيط — التى استعملت في الأماكن المصابة من الصوبة.

حالات مرضية خاصة

تساقط البادرات:

١- استعمال شتّالات نظيفة لزراعة البذور

٢- معاملة البذور بمطهر فطرى مثل الكابتان أو الثيرام إن لم تكن قد عُوملت من قبل

٣- فصل الشتلات فيزيائيًّا عن أى محصول مزروع، لكى لا تكون هناك فرصة لانتقال المسببات المرضية من المحصول إليها.

٤- تجنب الرى الزائد الذى يناسب فطر البثيم.

٥- تجنب التسميد الزائد الذى قد يُحدث أضرارًا بالجذور والنموات الخضرية، مما قد يعرض الجذور للإصابة بالأعفان، والنموات الخضرية للإصابة بالبوتريتس

وقد أمكن مكافحة الذبول الطرى وعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*

– فى الخيار – بالمعاملة بأى من الفطرين *Gliocladium virens*، أو *Trichoderma harzianum* وتساوت جميع السلالات التى استعملت من أى من الفطرين فى كفاءتها فى مكافحة المرض عندما أضيفت إلى بيئة زراعة الخيار على صورة تحضير من البيت موس والنخالة بنسبة ١٪، كما أفاد استعمال بعض السلالات على صورة معلق من الجراثيم الكونيدية للفطر (Wolfhechel & Jensen ١٩٩٢). كذلك أفادت المعاملة بفطريات الميكوريزا .Glomus spp فى مكافحة الفطر *P. ultimum* مسبب مرض الذبول الطرى حتى ولو لقحت بيئة زراعة الخيار بالميكوريزا والبثيم معًا فى آن واحد. كما كان لإضافة فطريات الميكوريزا تأثيرات إيجابية فى تجنب بطء النمو الذى أحدثه تلقيح بيئة الزراعة (الفيرميكيوليت) بالفطر *P. ultimum* بعد ١٦ يومًا من الزراعة، أى بعد زوال خطر الإصابة بمرض تساقط البادرات (Rosendahl وآخرون ١٩٩٢).

وأفاد التلقيح ببعض عزلات فطر الميكوريزا *Trichoderma* فى حماية الخيار من إصابة البادرات بالفطر *R. solani*. وكانت أفضل المعاملات هى التى استعمل فيها فطر الميكوريزا على البذور. أو أضيف إلى التربة من مزرعة على حبوب الشعير (Askew & Laing ١٩٩٤).

وأظهرت أربع سلالات من بين ٣٩ سلالة من *Trichoderma virde* تم عزلها من بيئات نمو مستعملة فى الزراعات اللاأرضية مقاومة جيدة للفطر *Pythium ultimum* مسبب مرض الذبول الطرى فى الخيار، بلغت كفاءتها ٩٥٪، وبدرجة أفضل قليلاً من كفاءة التحضير التجارى Remedier WP للفطر *T. virde*، كما أحدثت بعض السلالات تحفيزًا لنمو نباتات الخيار (Liu وآخرون ٢٠٠٩)

عفن جذور بثيم:

١– لا تستعمل سوى الشتلات الخالية من الإصابة المرضية.

٢– إذا كانت الزراعة بنظام الغشاء المغذى – الذى تزداد فيه الإصابة عادة عما فى نظام الزراعة فى الأكياس – ينبغى تنظيف النظام كله بعد المحصول السابق، ويتوفر عدد من المطهرات التى يمكن استعمالها لهذا الغرض

٣- يجب فحص النظام لاحتمال وجود منافذ به لدخول التربة غير المعقمة، أو ماء قليل الجودة قد يحتوى على فطر البثيم.

٤- يزداد تهوية المحاليل المغذية فى النظم التى تُطلق فيها المحاليل على جذور النباتات على فترات قصيرة منتظمة، عما فى تلك التى تغمر فيها الجذور فى المحاليل بشكل دائم. مما يجعل النباتات أكثر تحملاً لهذا المرض

هذا علمًا بأنه لا تتوفر مبيدات فطرية مسجلة للاستعمال فى مكافحة هذا المرض فى الزراعات المحمية

عفن الساق الاسكليروشى:

١- تطبيق إجراءات النظافة العامة

٢- تقليم الأجزاء النباتية المصابة، والتخلص من النباتات الكاملة المصابة، مع حرق تلك النباتات ونواتج التقليم أو التخلص منها، نظرًا لأن الأجسام الحجرية التى تتكون على الأنسجة المصابة تبقى لسنوات فى الكومبوست وأكوام النفايات.

عفن اسكليروتينيا الساقى:

١- منع تكثف الرطوبة الحرة على النباتات؛ الأمر الى يتحقق بدفع الهواء الخارجى داخل الصوبة مع التدفئة

٢- إزالة الأجزاء النباتية والنباتات الكاملة المصابة من الصوبة، لمنع انتشار المرض من نبات لآخر، مع مراعاة التخلص من تلك الأجزاء بطريقة آمنه لأن الأجسام الحجرية للفطر المرض يمكن أن تعيش لفترات طويلة.

٣- عدم إعدة استعمال أكياس الزراعة التى نمت بها نباتات مصابة قبل تبخيرها

٤- استعمال المبيدات المصرح بها لمكافحة المرض

لفحة الساق الصمغية فى القرعيات:

١- استخدام بذور خالية من الفطر المسبب للمرض فى الزراعة.

٢- تطبيق إجراءات النظافة التامة بين زراعات القرعيات.

٣- التخلص من الأوراق والثمار والنباتات المصابة أثناء موسم النمو.

٤- الاهتمام بتهوية الصوبة، لتبقى النباتات جافة، وخاصة فى الجو الرطب

٥- تشغيل مراوح لتحريك الهواء أفقيًا خلال النمو النباتى، مع تقليم النباتات بصورة مناسبة لتحسين التهوية

هذا علما بأنه لا تتوفر مبيدات مسجلة لمكافحة لفحة الساق الصمغية بكفاءة لاستعمالها فى الزراعات المحمية.

العفن الرمادى أو لفحة بوتريتس:

إن من أهم وسائل المكافحة المتكاملة للفطر *Botrytis cinerea* المسبب لمرض العفن الرمادى فى الزراعات المحمية للخضر، ما يلى.

١- مراعاة إجراءات النظافة فى البيوت المحمية، فيتم تنظيفها جيدًا بين الزراعات، مع التخلص من كافة المخلفات النباتية، بما فى ذلك الأوراق الميتة والأجزاء المقلمة.

٢- تجنب تجريح النباتات قدر المستطاع لأن الإصابة تبدأ غالبًا من الجروح؛ ولذا .. يجب عدم إزالة النموات أو تقليم النباتات بأكثر مما يكون ضروريًا، كما يتعين عدم السماح للأوراق بملامسة بيئات الزراعة. ويجب التخلص من الأزهار المنتهية الصلاحية بأسرع ما يمكن

٣- المحافظة على بقاء النموات الخضرية جافة

٤- تهوية البيت المحمى جيدًا لأجل خفض الرطوبة النسبية إلى ما بين ٧٠٪ و ٩٠٪. ولمنع الندى من السقوط على النباتات ليلاً.

٥- تقليم الأجزاء السفلى من النباتات لتحسين تخلل الهواء لها وسرعة جفافها.

٦- تجنب إجراء التقليم خلال الفترات التى تزداد فيها السُحُب، نظرًا لأن الجروح التى يُحدثها التقليم يمكن أن تشكل مدخلاً سهلاً للإصابة بالبوتريتس فى هذه الظروف

٧- يجب أن يكون التقليم حتى قريبا من الساق، ذلك لأن اجزاء الفروع المتبقية بعد التقليم يمكن أن تصاب بسهولة بالبوتريتس

٨- التسميد الجيد بالكالسيوم لخفض قابلية النبتات للإصابة بالفطر المرض

٩- تجنب الرى بالرش، وكذلك تجنب زيادة الرى عما ينبغي.

١٠- عدم زيادة كثافة الزراعة عما ينبغي، لأجل لتحسين التهوية بين النباتات.

١١- عدم بقاء نباتات الشاتل فى الصوبة لأكثر مما ينبغى.

١٢- استعمال المبيدات المصرح بها فى المكافحة.

ويُفيد التحكم فى بيئة البيوت المحمية فى الحد من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، كما يلى:

١- يؤدى خفض تواجد الجراثيم المرضة فى الصوبة بعدم السماح بزيادة شدة الإصابة المرضية إلى تقليل إصابة الأزهار.

٢- يؤدى خفض الرطوبة النسبية إلى تقليل إصابة الأزهار ولكنه لا يمنعها، ويكون له تأثير محدود على إصابة السيقان.

٣- يؤدى رفع الحرارة من ١٥ إلى ٢٥°م إلى خفض إصابة السيقان وبينما يؤدى ذلك — أيضًا — إلى زيادة إصابة الثمار، فإن ذلك تقابله زيادة فى إنتاج الأزهار، وخفض فى نسبة الإصابات التى تصل من الثمرة إلى ساق العنقود وساق النبات (Eden وآخرون ١٩٩٦)

البياض الزغبى فى القرعيات:

١- الحد من ظاهرة التكثف المائى داخل الصوبة، وهى الظاهرة التى توفر الرطوبة الحرة لحدوث الإصابة.

٢- جعل المنطقة المحيطة بالصوبات خالية تمامًا من القرعيات — سواء أكانت نامية بريًا أم مزروعة حتى لا تشكل مصدرًا متجددًا لهذا الفطر.

٣- زراعة الأصناف المقاومة والمتحملة للفطر المسبب للبياض الزغبى، وهى متوفرة فى مختلف القرعيات

هذا علما بأنه لا تتوفر مبيدات فطرية لمكافحة البياض الزغبى مسجلة لاستعمالها فى الزراعات المحمية

بقعة الدريئة target spot:

يُسبب هذا المرض الفطر *Corynespora cassiicola*، وهو يصيب نباتات أخرى إلى جانب الطماطم، مثل الخيار والفاصوليا، ويكافح كما يلي:

١- التخلص من الأنسجة النباتية المصابة، لكي لا تكون مصدرًا متجددًا للفطر المرض.

٢- تجنب كل الظروف التي تحفز التكثف المائي على النموات النباتية في الصوبة، وما يصاحب ذلك من انتشار للمرض مع رذاذ الماء الذي ينتقل من النباتات المصابة إلى المجاورة لها.

٣- استعمال المبيدات المصرح بها.

هذا . علمًا بأنه لا تتوفر أصناف مقاومة للمرض.

عفن كلادوسبوريم الورقي في الطماطم:

١- خفض الرطوبة النسبية إلى أقل من ٨٥٪.

٢- استعمال الأصناف المقاومة لبعض سلالات الفطر المرض.

الندوة المبكرة في الطماطم:

١- التخلص من النموات المصابة بشدة بالمرض للحد من تواجد مصدر قوى متجدد للإصابة.

٢- الحد من ظاهرة التكثف المائي على النموات النباتية داخل الصوبة.

٣- قد تفيد مستويات التغذية العالية في الحد من الإصابة بالفطر المرض.

٤- المعاملة بالمبيدات الفطرية المصرح باستعمالها في الصوبات لمكافحة هذا المرض.

عفن إروينيا في الطماطم:

يسبب هذا العفن البكتيريا *Erwinia carotovora* pv. *carotovora*، ويكافح كما يلي:

١- التخلص من كافة الأنسجة المصابة خارج الصوبة لمنع انتشار البكتيريا.

٢- إجراء التقليم قبل عمليات الخدمة التى يتم فيها تداول النباتات، مثل التوجيه على الخيوط، والسرطنة، والتلقيح

٣- التحكم فى الحرارة والرطوبة النسبية، بما يمنع التكثف المائى على النباتات وما يُصاحب ذلك من انتشار للبكتيريا — مع قطرات الماء المتناثرة من على النباتات — إلى النباتات المجاورة لها

٤- عدم تداول النباتات وهى مبتلة.

هذا مع العلم بأنه لا تتوفر مبيدات لمكافحة هذا المرض.

الذبول البكتيرى فى الطماطم:

يمكن للبكتيريا القضاء الكامل على مزارع تقنية الغشاء المغذى، نظرًا لأنها تتحرك بحرية تامة مع المحلول المغذى. لتصيب النباتات بسهولة من خلال الجروح الطبيعية التى تحدث بالجذور أثناء ظهور الجذور الجانبية.

كما لا تتوفر وسائل مكافحة كيميائية لهذا المرض.

ولذا فإن أفضل وسائل متاحة لمكافحة المرض هى تطهير نظام تقنية الغشاء المغذى بالكامل قبل الزراعة، مع تنظيف الصوبة وتعريضها لأشعة الشمس القوية صيفًا بعد انتهاء موسم الزراعة لتقليل فرصة البكتيريا فى البقاء، وذلك بفعل حرارة الشمس.

فيرس موزايك التبغ:

١- عدم التدخين فى مواقع الإنتاج

٢- قيام العمال بغسيل أيديهم جيدًا بالماء والصابون أو بمحلول trisodium orthophosate بتركيز ٣٪، ثم شطفها بالماء، وذلك قبل تداولهم للنباتات.

٣- استعمال بذور من مصادر موثوق فيها تكون خالية من الفيرس.

فيرس موزايك الخيار:

١- ضرورة التخلص من جميع النباتات التى تظهر عليها أعراض الإصابة بمجرد التعرف عليها، لأجل تقليل فرصة انتشار الفيرس.

٢ التخلص من الحشائش التى قد تتواجد حول البيوت المحمية، لكى لا تكون بمثابة مصدرًا متجددًا للفيرس.

٣- مكافحة المنّ جيدًا لأجل الحد من الانتشار الثانوى للفيرس داخل الصوبة

الفيروسات التى ينقلها المنّ:

١- التخلص من جميع النباتات التى تظهر عليها أعراض الإصابات الفيروسية (مثل تشوهات الأوراق) لتقليل مخاطر انتشار الفيرس ميكانيكيًا.

٢- التخلص من كافة النموات النباتية والحشائش حول البيوت المحمية، لكى لا تشكل مصدرًا متجددًا للفيرس ولتكاثر المنّ الناقل له.

٣- مكافحة المنّ داخل الصوبة بكافة الوسائل المتاحة.

فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم (شكل ٨-١؛ يوجد فى آخر الكتاب):

١- استعمال شتالات خالية من الفيرس والذبابة البيضاء، بإنتاجها فى أماكن بعيدة عن حقول الطماطم. مع معاملة المشاتل بالمبيدات الحشرية المستخدمة فى مكافحة الذبابة البيضاء.

٢- مكافحة الذبابة البيضاء جيدًا داخل البيوت المحمية باستخدام المبيدات المصرح بها، وكذلك بدائل المبيدات، مثل الصابون، والزيوت بتركيز ٠,٢٥٪-٠,٥٪.

٣- استعمال أغطية التربة البلاستيكية العاكسة للأشعة فوق البنفسجية.

٤- التخلص من النباتات التى تظهر عليها مبادئ الإصابة (خاصة خلال الشهر الأول من الزراعة)، مع إحاطتها بكيس بلاستيكى قبل تقليعها لمنع انتشار أى أفراد من الذبابة البيضاء منها داخل الصوبة، ثم التخلص من تلك النباتات خارج الصوبة (Simone & Tomol ٢٠٠١).

النيماتودا:

من الأهمية بمكان اتخاذ كافة الاحتياطات لمنع وصول أى شتلات مصابة بالنيماتودا، أو تربة أو أدوات أو آليات ملوثة بها إلى الصوبات، سواء أكانت الزراعات فيها أرضية أم لاأرضية، ذلك لأن الطريقة الوحيدة الممكنة للتخلص من أية إصابة

بالنيماتودا فى الزراعات المحمية ومنع انتشارها هى بـاقتلاع النباتـات المـصابة وتطهـير مكانها وجدير بالذكر أن الزراعات المائية تنتشر فيها النيماتودا بمنتهى السرعة؛ فما أن يبدأ تكاثر النيماتودا فى جذر نبات واحد مصاب، إلاّ وتنتشـر النيماتودا فى المزرعة كلها مع المحلول المغذى (Rich وآخرون ٢٠٠١).

الفصل التاسع

إنتاج الطماطم

اقتصاديات إنتاج الطماطم المحمية

تعتبر الطماطم — أو البندورة، أو الطماطمة — (*Solanum lycopersicum*) من أهم محاصيل البيوت المحمية على المستوى العالمى. على الرغم من أنها لم تعد تحتل ذات المستوى فى مصر وبعض الدول العربية الأخرى. ويرجع ذلك إلى أسباب اقتصادية محضة، فلا يكفى أن يكون إنتاج البيوت المحمية من الطماطم عاليًا لتغطية تكلفة الإنتاج، بل لابد أن تكون أسعار البيع مجزية. ولا يتحقق ذلك — فى مصر — إلا لفترة قصيرة من موسم إنتاج الزراعات المحمية، تمتد من أوائل مارس إلى أوائل مايو. وتكون الأسعار منخفضة كثيرًا قبل هذه الفترة وبعدها، بسبب زيادة المعروض من محصول العروتين الخريفية والصيفية — على التوالى — فى الحقول المكشوفة. وحتى خلال فترة الشهرين — من أوائل مارس إلى أوائل مايو — فإن إنتاج البيوت المحمية من الطماطم أصبح يواجه بمنافسة قوية من إنتاج الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، التى انتشرت كثيرًا منذ منتصف ثمانينيات القرن الماضى، والتى تعطى جُلَّ إنتاجها خلال الفترة نفسها، بينما تقل تكاليف زراعتها كثيرًا عن تكاليف الإنتاج فى الزراعات المحمية.

وبناءً على ما تقدم بيانه .. فإن إنتاج الطماطم فى البيوت المحمية — تحت الظروف المصرية — يمكن أن يكون مجزيًا فى الحالات التالية:

١– عند وجود تعاقدات سابقة على التصدير تضمن سعرًا مناسبًا للمنتج خلال أطول فترة ممكنة من موسم الحصاد.

٢– عند إنتاج الأصناف الكريزية Cherry Tomato التى يتعين تربيتها رأسيًا، ليمكن حصادها بيسر وسهولة.

٣– عند السيطرة على الذبابة البيضاء التى تنقل إلى النباتات فيرس التفاف واصفرار

أوراق الطماطم، بينما يكون لفيرس منتشرًا بصورة وبائية في الحقول المكشوفة، الأمر الذى يتكرر سنويًا فى معظم الزراعات الخريفية.

٤- عند زراعة أصناف تتحمل العقد فى الحرارة العالية. فى بيوت مبردة أو مظللة جيدة التهوية. بحيث تعطى محصولها خلال الفترة الثانية لارتفاع الأسعار خلال شهرى سبتمبر وأكتوبر

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

الشروط التى يجب توافرها فى الأصناف

من أهم الشروط التى يجب توافرها فى أصناف الطماطم المناسبة للزراعات المحمية ما يلى

١- الإنتاجية العالية للعمل على خفض تكلفة إنتاج الطن الواحد من الثمار.

٢- النوعية الجيدة ليتسنى عرضها للبيع بأسعار مجزية، سواء فى الأسواق المحلية أم عند التصدير

٣- أن تكون غير محدودة النمو، حتى يمكن تربيتها رأسيًا

٤- أن تكون مقاومة لبعض الأمراض الهامة التى تؤثر تأثيرًا سيئًا على المحصول، مثل نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وفيرس موزايك التبغ، وفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم

٥- أن تتحمل العقد فى الحرارة المنخفضة للتغلب على مشكلة انخفاض درجة الحرارة شتاء إلى ما دون الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المدفأة فى المناطق المعتدلة، ولغرض التوفير فى طاقة التدفئة فى البيوت المدفأة بالمناطق الباردة.

٦- أن تتحمل العقد فى الحرارة العالية، للتغلب على مشكلة ارتفاع درجة الحرارة صيفا إلى أكثر من الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المبردة فى المناطق المعتدلة، ولغرض التوفير فى طاقة التبريد فى البيوت المبردة بالمناطق الحارة

٧- أن يمكنها العقد الجيد فى ظروف البيوت المحمية المتمثلة فى انعدام الرياح، مع انخفاض شدة الإضاءة شتاءً

٨- نظرًا لأن جميع أصناف الزراعات المحميــة تزرع لأجل الاسـتهلاك الطازج؛ لذا .. يجب أن يتوفر فيها جميع الـصفات المرغوبـة فـى أصـناف الاسـتهلاك الطـازج، وخاصـة صفات الجودة العالية فيما يتعلـق بـالطعم، والحجـم، والـشكل، والـصلابة العاليـة حتـى تتحمل الشحن.

الأصناف الهامة

إن جميع أصناف الطماطم المستخدمة فى الزراعات المحمية هى مـن الهجـن العاليـة المحصول. والمتعددة المقاومة للأمراض. وغالبيتها أصناف أوروبية.

تفضل فى الزراعات المحمية استخدام الأصـناف ذات الثمـار الكـبيرة قلـيلاً، والتـى يكون بها تفصيص سـطحى غير عميق، وتحصد بكؤوسـها، وهى التى تعرف باسـم طـراز الـ beefsteak.

ومن الأصناف التى يشيع استخدامها حاليًّا تلـك التـى تنـضج فيهـا ثمـار العنقـود الواحد فى وقت متقارب وتحصد بعناقيدها، حيث تتراوح ثمارها فى نضجها مـا بـين مرحلة التحول إلى النضج الأحمر. تعرف هـذه الأصـناف فـى الولايـات المتحـدة باسـم cluster tomatoes، ومن أسمائها الأخرى: truss tomatoes فـى أوروبـا، وكـذلك on-the-vine tomatoes. وتنمو نباتات تلك الأصناف لارتفاعات أكبر من تلك التـى تـصل إليها أصناف طراز الـ beefsteak. ومن مميزات تلك الأصـناف صـلابة ثمارهـا وطعمهـا الجيد. كما أن حصادها فى عناقيد — التى يحتوى كل منها على ٤-٧ ثمار — يعطى للمستهلك الإحساس بطزاجتها والفرصة لقطف الثمار من العنقـود بنفسه (Hochmuth ١٩٩٠).

ومن أهم الهجن التى نجحت زراعتها — وتنتشر فى معظم الدول العربيـة — مـا يلى:

١- كارميللو Carmello:

غزير النمو الخضرى. ثمـاره كـبيرة الحجـم، لحميـة مفصـصة، ذات كتـف أخـضر،

جيدة الطعم مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم، وفطر استمفيلليوم، وفيرس موزايك التبغ.

٢- تيركوزا Terqueza

ثماره متوسطة الحجم. ومتجانسة فى تلك الصفة فى العنقود الواحد وفى مختلف العناقيد على امتداد الساق مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١، ٢). وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

٣- دومبو Dombo

ثماره متوسطة الحجم، متجانسة فى تلك الصفة، لحمية، غير مفصصة. غير مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور

٤- دومبللو Dombillo

قوى النمو الخضرى ثماره متوسطة إلى كبيرة الحجم، متجانسة فى هذه الصفة، لحمية. غير مفصصة. مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم

٥- مونت كارلو Monte Carlo

قوى النمو الخضرى ثماره متوسطة الحجم، متجانسة فى هذه الصفة. لحمية. مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور. والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

٦- برمودا Bermuda

ثماره كبيرة الحجم، مفلطحة قليلاً، صلبة، ولحمية. يصلح للشحن والتصدير. مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وتبقع الأوراق، وفيرس موزايك التبغ.

٧- سويت ١٠٠ Sweet 100

ثماره كريزية صغيرة تربى نباتاته رأسيًا على ساقين.

٨- سيدونيا Sidonia

ثماره متوسطة الحجم. ذات كتف أخضر. مفلطحة قليلا، متعددة المساكن مقاوم

لكل من: نيماتودا تعقد الجذور. والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢)، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ

٩- رويستا Royesta:

ثماره كبيرة، كروية الشكل، ذات كتف أخضر، متعددة المساكن. مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢)، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

١٠- بيب Pepe:

ثماره كريزية مبكر جدًا. يتحمل الحرارة العالية. مقاوم لكل من: الذبول الفيوزارى، وفيرس موزايك التبغ.

١١- إف ١٨٩ مبكر غزير الإنتاج، يعقد جيدًا فى الحرارة العالية، وثماره كبيرة الحجم

١٢- بار ١٢٤: ثماره كريزية صلبة. غزير الإنتاج.

١٣- ميريتو Mereto:

١٤- دافيستا Davista.

١٥- روماتوس Romatos.

١٦- كارامينا Caramina.

١٧- سرينا Sirena.

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة التربة تأثيرًا كبيرًا على سرعة إنبات البذور؛ فبينما يستغرق الإنبات نحو ٦ أيام فى حرارة ٢٥-٣٠°م، فإنه يستغرق نحو ١٤ يومًا فى حرارة ١٤°م، و ٤٣ يوما فى حرارة ١٠°م ويتراوح المجال الحرارى المناسب لنمو نباتات

الطماطم بين ١٥-١٨ °م ليلاً، و ١٨-٢٣ °م نهارًا، مع قدرة الطماطم على النمو فى درجات الحرارة الأعلى (١٧-٢٢ ليلاً، و ٢٧-٢٩ °م نهارًا)، وتحمل درجات الحرارة الأقل من ذلك، إلا أن الثمار لا يمكنها العقد فى درجات حرارة أقل من ١٣ °م ليلاً. أو أعلى من ٣٠ °م نهارا ويتراوح المجال الحرارى الملائم لعقد الثمار بين ٢٠ °م و ٢٥ °م

يتأثر نمو الشتلات كثيرا بدرجة حرارة التربة، حيث ينخفض معدل نموها بوضوح، وتأخذ الأوراق لونًا أخضرًا ضاربًا إلى البنفسجى عندما تتراوح درجة حرارة التربة بين ١٣ °م و ١٨ °م كذلك تظهر أعراض مماثلة على بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى عندما تروى بمحلول غذائى بارد، ولكن تختفى تلك الأعراض عندما يدفأ المحلول المغذى المستعمل وقد وجد Cave (١٩٩١) أن رى بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى خمس مرات يوميًا بمحلول مغذٍ تبلغ حرارته ١٠ °م — مقارنة بالرى بمحلول مغذٍ تبلغ حرارته ١٨ °م — أدى إلى ظهور لون أخضر داكن ضارب إلى القرمزى على الأوراق فى خلال أسبوع واحد من المعاملة، وتلى ذلك حدوث نقص فى الوزن الجاف للبادرات — مقارنة بمعاملة الشاهد — بعد أسبوع آخر وجدير بالذكر أن هذه الأعراض تلاشت تدريجيًا عندما أوقف استعمال المحلول المغذى البارد، واستبدل به المحلول المغذى الدافئ

هذا وفى حرارة ٢٤-٢٧ °م تكون البادرات جاهزة للشتل بعد نحو ٣-٤ أسابيع من زراعة البذور

وعندما يمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية فإن Resh (١٩٨٥) يوصى باتباع النظام التالى للمجال الحرارى المناسب من زراعة البذور حتى عقد الثمار:

١- يحافظ على درجة حرارة ١٨-٢١ ° ليلاً ونهارًا حتى إنبات البذور

٢- تخفض درجة الحرارة إلى ١١-١٣ °م ليلاً، و ١٥ °م نهارًا بمجرد اكتمال امتداد

الأوراق الفلقية. ويستمر الوضع على هذه الحال لمدة ١٠-١٤ يومًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا. ولمدة ٢-٣ أسابيع فى الجو الملبد بالغيوم. تؤدى هذه المعاملة إلى التبكير فى تكون العنقود الزهرى الأول. وزيادة عدد أزهاره، مما يؤدى إلى زيادة المحصول المبكر.

٣- تعرِّض البادرات — بعد ذلك، حتى يحين موعد شتلها — لدرجة حرارة ١٤-١٦ °م ليلاً. و ٢٢-٢٤°م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا، ولدرجة حرارة ١٤-١٥°م ليلاً، و ١٥-١٦°م نهارً فى الجو الملبد بالغيوم حتى تكون قوية النمو — وذات سيقان سميكة.

٤- يناسب النباتات — خلال الفترة من الشتل حتى قبل الإزهار مباشرة — حرارة ١٥°م ليلاً. و ١٩°م نهارًا.

٥- تتراوح درجة الحرارة أثناء الإزهار وعقد الثمار بين ١٥-١٨°م ليلاً، و ٢٢-٢٤°م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا، و ١٥-١٦°م ليلاً ونهارًا فى الأيام الملبدة بالغيوم حتى تعقد الثمار بصورة جيدة.

ويلاحظ أن درجات الحرارة التى يُنصح بها تكون منخفضة قليلاً فى الجو الملبد بالغيوم. عنها فى الجو الصحو، وذلك لأن ارتفاع الحرارة يؤدى — فى هذه الظروف — إلى زيادة النمو النباتى. بينما يكون معدل البناء الضوئى منخفضًا بسبب ضعف الإضاءة. وعليه . فإن تعريض النباتات لدرجة حرارة مرتفعة، وإضاءة ضعيفة يؤدى إلى جعل النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا.

كما يلاحظ أن ارتفاع حرارة الليل من ١٤°م إلى ١٨°م يكون مصاحبًا بزيادة فى المحصول المبكر، ولكن يقابل ذلك نقص قليل فى المحصول الكلى.

وجدير بالذكر أن أزهار الطماطم تبدأ فى التكوين قبل أن تصبح ظاهرة للعين بنحو ٣-٤ أسابيع، حيث تتكون الزهرة الأولى وقت انفراج الفلقتين وبدء ظهور الورقة الحقيقية الأولى وقد وجد أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة منخفضة فى تلك المرحلة من النمو يسرع بتكوين العنقود الزهرى الأول، مع تكون عدد أقل من الأوراق قبله، واحتواءه على عدد أكبر من الأزهار. تعطى ثمارًا أكبر حجمًا وتختلف الأصناف فى

استجابتها لمعاملة البرودة تلك، وتعطى بعض الأصناف ثمارًا مشوهة فى العنقود الأول بعد تعرضها لمعاملة البرودة.

وتجرى معاملة البرودة بتعريض البادرات لحرارة ١١–١٣°م ليلاً ونهارًا بدءًا من وقت انفراج الفلقتين إلى حين وصول النباتات لمرحلة تكوين أول ورقتين حقيقيتين ويستغرق ذلك – عادة – ١٠ أيام فى الجو الصحو إلى ثلاثة أسابيع فى الجو الغائم. وبعد انتهاء معاملة البرودة يجب رفع حرارة الليل إلى ١٤–١٧°م، مع المحافظة على حرارة النهار عند ١٦–١٧°م فى الجو الغائم، و ١٨–٢٤°م فى الجو الصحو (Oregon State University ٢٠٠٢)

إن المجال الحرارى المناسب للطماطم هو ٢١–٢٧°م نهارًا، مع ١٧–١٨°م ليلاً. وفى الجو الغائم تكون الحرارة القريبة من الحدود الدنيا هى المفضلة،بينما تكون الحرارة الأقرب إلى الحدود العظمى هى المفضلة فى الجو الصحو وفى حرارة أقل من ١٦°م قد تظهر أعراض نقص بعض العناصر بسبب عدم قدرة الجذور على امتصاصها فى تلك الظروف. وأولى علامات شدّ البرودة تلون الأوراق باللون القرمزى، نتيجة لضعف امتصاص الفوسفور على الرغم من إمكان توفره للنبات. ويمكن أن تؤدى ليلة أو ليلتان فى حرارة ١٣–١٤ م إلى ظهور عدد كبير من الثمار المشوهة بعد نحو ٦–٨ أسابيع حينما تبلغ الثمار التى عقدت فى تلك الظروف أكبر حجم لها ولذا يتعين ألاّ تنخفض الحرارة ليلا عن ١٨°م مع جعل منظم الحرارة فى مستوى الأزهار، وليس فى مستوى يعلو قمة النباتات

يجب كذلك تجنب ارتفاع الحرارة عن ٣٢°م؛ نظرًا لأن صبغة الليكونين الحمراء لا تتكون فى حرارة تزيد عن ٣٠°م (Snyder ٢٠٠١).

أما بالنسبة للنمو الخضرى .. فإنه يتأثر – سلبيًا – بحرارة ٣٤°م أو أعلى من ذلك (Malfa ١٩٩٣) وفى حرارة تزيد على ٣٥°م . يقل توصيل الثغور للغازات، وتزداد مقاومة خلايا النسيج الوسطى Mesophyll، وينخفض معدل البناء الضوئى (عن Romero-Aradna & Longuenesse ١٩٩٥).

وقد درس Gosselin وآخرون (١٩٨٤) تأثير درجة حرارة الجذور (١٢، و ١٨، و ٢٤، و ٣٠، و ٣٦°م) ومستوى النيتروجين فى المحاليل المغذية (٢.٥، و ٧,٥، و ٢٢,٥، و ٦٧.٥ مللى مكافئ من النيتروجين/لتر) على نمو نباتات الطماطم فى مزرعة مائية، ووجدوا أن الظروف المناسبة لمختلف الصفات كانت كما يلى:

الصفة	حرارة الجذور (°م)	تركيز النيتروجين (مللى مكافئ/لتر)
أكبر وزن جاف للجذور	١٨	٢٢,٥
أكبر وزن جاف للمجموع الخضرى	٢٤	٢٢,٥
أعلى محصول	٢٤	٢,٥

وقد تبين من هذه الدراسة أن رفع حرارة الجذور مع زيادة مستوى النيتروجين أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من الأزوت. لكن مع زيادة نسبة الأزهار غير العاقدة. ونقص المحصول.

وتؤثر حرارة الهواء وحرارة الجذور على امتصاص العناصر فى الطماطم على النحو التالى (Papadopoulos & Tissen ١٩٨٧):

١- أدت حرارة الهواء المنخفضة (١٤/٢٤°م، و ٨/٢٤°م، و ١٤/١٩°م نهارًا/ليلاً) إليها زيادة تركيز النيتروجين فى الأوراق، بينما لم يكن لحرارة الجذور أى تأثير على هذا العنصر.

٢- تشابه الفوسفور مع النيتروجين من حيث تأثره بحرارة الهواء، ولكن حرارة الجذور المرتفعة (٢٤-٢٧°م) أدت إلى إحداث زيادة فى امتصاص الفوسفور بدرجة أكبر من الزيادة فى امتصاص النيتروجين.

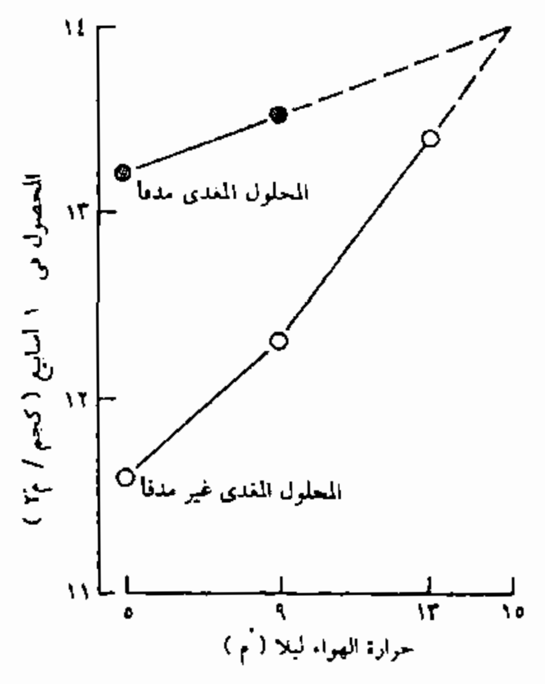
٣- لم تكن لحرارة الهواء أو الجذور تأثير يذكر على محتوى الأوراق من البوتاسيوم.

٤- ازداد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى الأوراق فى حرارة الهواء المنخفضة (٨/٢٤°م، و ٨/١٣°م نهارا/ليلا)، بينما لم يتأثر أى منهما بحرارة الجذور.

وتبعا لـ Sady وآخرين (١٩٩١) .. فإن حرارة الهواء المرتفعة (مقارنة بحرارة ١١°م)

حفزت النمو الخضرى لنبتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى. وأدت إلى زيادة المحصول المبكر والكلى كما ازداد المحصول الكلى عندما رُفعت حرارة المحلول المغذى إلى درجة ثابتة مقدارها ٢٠°م بصرف النظر عن حرارة الهواء.

وقد أوضحت دراسات Cooper (١٩٨٢) على الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن درجة الحرارة المثلى للمحاليل المغذية هى ٢٥°م قام Cooper بتعريض النموات الهوائية للطماطم لحرارة ٢٠°م نهار، و ٥°م، أو ٩°م، أو ١٣°م ليلاً، مع تدفئة (٢٥°م) أو عدم تدفئة المحاليل المغذية المستعملة. ويظهر من نتائج هذه الدراسات أن مجرد رفع حرارة المحلول المغذى إلى ٢٥°م، مع بقاء هواء الصوبة غير مدفأ ليلاً (على حرارة ٥°م) أعطى محصولاً مساويًا لمعاملة تدفئة هواء الصوبة ليلاً إلى ١٣°م مع عدم تدفئة المحلول المغذى وتظهر أهمية تدفئة المحلول المغذى على المحصول — بوضوح — فى شكل (٩-١).



شكل (٩-١) تأثير التفاعل بين درجة حرارة المحلول المغذى، ودرجة حرارة الهواء ليلاً على محصول الطماطم

يلاحظ من شكل (٩-١) أن نباتات الطماطم تستجيب بشدة لتدفئة المحلول المغذى في غياب تدفئة هواء الصوبة ليلاً. وأنه في غياب تدفئة المحلول المغذى .. يتناسب محصول الطماطم طرديًا مع درجة حرارة هواء الصوبة ليلاً. كما يستدل من الشكل على توقع تلاقى الخطين المتقطعين عند حرارة ١٥°م (التى لم تتضمنها معاملات هذه الدراسة)؛ وهو ما يعنى تلاشى التأثير الإيجابى لتدفئة المحلول المغذى على المحصول عند ارتفاع حرارة الهواء ليلاً إلى ١٥°م. ومن المعروف أن درجة الحرارة الهواء المثلى لنباتات الطماطم ليلاً — فى الزراعات الأرضية — هى ١٥°م.

هذا ويذكر Cooper (١٩٨٢) أن درجة حرارة المحلول المغذى يمكن أن تكون ثابتة ليلا ونهارا، أو تكون أعلى نهارًا منها ليلاً، ولكن لا يجب أن تكون حرارة المحلول المغذى أعلى ليلاً منها نهارًا؛ لأن لذلك تأثيرات سلبية على النمو النباتى والمحصول.

وعلى خلاف ما تقدم بيانه من ضرورة انخفاض درجة الحرارة ليلاً عن درجة الحرارة نهارًا، فإن بعض الدراسات تؤيد مبدأ الحرارة المتكاملة Temperature Integrating Concept، والذى تكون النباتات — بمقتضاه — قادرة على الاستفادة من الحرارة المتاحة لها على مدى الأربع والعشرين ساعة. وقد طور هذا المبدأ فى دول شمال غرب أوروبا بهدف التوفير فى طاقة التدفئة؛ حيث تستعمل ستائر حرارية متحركة، تُضم نهارًا للسماح بنفاذ أكبر قدر من الطاقة الشمسية، وتفرد ليلاً لتوفير أكبر قدر من العزل الحرارى (منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأجسام الصلبة داخل الصوبة. ومنع فعد حرارة التدفئة — بالتوصيل — خارج الصوبة) وتعزيزًا لهذا الرأى .. يذكر أن نمو نباتات الخيار، والأقحوان، والورد يتوقف على متوسط الحرارة خلال الأربع وعشرين ساعة

وقد درس Koning (١٩٨٨) تأثير ثلاثة نظم حرارية لحرارة الليل والنهار بمتوسط درجة الحرارة اليومى نفسه (وهى: مرتفعة / منخفضة، ومتساوية، ومنخفضة / مرتفعة)

على نمو. وإزهار. وإثمار نباتات الطماطم. ووجد أن سيقان النباتات كانت أفضل عندما كانت حرارة الليل أقل من حرارة النهار وبينما لم يتأثر عدد العناقيد الزهرية بالنظام الحرارى. فإن المحصول الكلى ومتوسط وزن الثمرة كانا أعلى تحت ظروف حرارة الليل الأعلى من حرارة النهار

قوة وفترة الإضاءة والطول الموجى والتظليل

تحتاج بادرات الطماطم فى المناطق الشمالية — ذات الليل الطويل والإضاءة الضعيفة وقت نمو النباتات خلال فصل الشتاء — إلى إضاءة تكميلية من مصدر مناسب (مثل لمبات الصوديوم ذوات الضغط العالى)، بهدف زيادة شدة الإضاءة، وإطالة القدرة الضوئية إلى المدة المناسبة؛ فمثلاً .. وجد Boivin (١٩٨٧) — فى كندا — أن تعريض بادرات الطماطم المزروعة فى أوائل ديسمبر — إلى حين موعد شتلها — لإضاءة إضافية من لمبت الصوديوم ذات الضغط العالى (١٠٠ ميكرومول/ثانية/م^2) أدى إلى نقص عدد الأوراق قبل العنقود الزهرى الأول جوهريًا، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ١٠٠٪

كما وجد McAvoy وآخرون (١٩٨٩) ارتباطًا قويًا موجبًا (r = ٠,٩٤٧) بين محصول الطماطم الكلى، وبين الإشعاع الشمسى الكلى المؤثر فى عملية البناء الضوئى Total Photosynthetic Photon Flux خلال الفترة من الإزهار إلى الحصاد.

وبينما لا تفتقر المنطقة العربية لا إلى شدة الإضاءة، ولا إلى الفترة الضوئية المناسبة لإنتاج الطماطم (أو غيرها من الخضروات) .. فإن استعمال وسائل التوفير فى الطاقة — مثل الستائر الحرارية شتاءً للتوفير فى طاقة التدفئة، أو شباك التبريد البلاستيكية صيفا للتوفير فى طاقة التبريد — قد يكون له مردود سلبى على النمو والمحصول إذا ازداد التظليل عما ينبغى

فمثلا تبين من دراسات Cokshull وآخرين (١٩٩٢) — التى أجريت فى المملكة المتحدة — أن التظليل بنسبة ٦,٤٪، أو ٢٣٪ كان له مردود سلبى كبير

على نمو نباتات الطماطم وتطورها؛ حيث نقص المحصول — في المعاملتين — بنسبة ٥ ٧٪ و ٩ ١٩٪ على التوالي،وكان هناك تناسب طردي مباشر بين المحصول وعدد الثمار في العنقود، وبين شدة الإضاءة التي تلقتها النباتات؛ حيث كان معدل المحصول ٢ كجم من الثمار الطازجة لكل ١٠ ميجاجول (MJ) من الأشعة الشمسية الساقطة على النباتات. كما أدى التظليل إلى تقليل متوسط وزن الثمرة، وإلى خفض نسبة الثمار غير المنتظمة النضج

شدة الإضاءة

بدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧,٤، و ٢٤,٢°م) وشدة الإضاءة (بين ١,٩، و ٨ ١ ميجاجول/م٢/يوم) على عدد الأوراق التي تتكون قبل ظهور أول عنقود زهري، وجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة، إلا أن تأثير الإضاءة في هذا الشأن انخفض بانخفاض درجة الحرارة. وقد انخفض — كذلك — عدد الأوراق التي تسبق ظهور أول عنقود زهري خطيًا بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة. ولكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير في هذا الشأن في شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦).

وقد أدى تعريض نباتات طماطم الشيرى لإضاءة قوية (٨,١ ميكرومول/ثانية لكل متر مربع) ليلاً إلى خفض نسبة إصابة الثمار بالتشقق من ١٠٪ (في الكنترول) إلى ٤٪ فقط، وكان مرد ذلك إلى خفض المعاملة الضوئية ليلاً لتدفق المواد الذائبة في الثمار؛ بسبب زيادتها لتدفق تلك المواد في الأوراق (Ohta وآخرون ١٩٩٨).

إن شدة الإضاءة التي تتعرض لها بادرات الطماطم تؤثر تأثيرًا مباشرًا على عدد الأيام حتى ظهور أول زهرة وعلى كمية المحصول، فالإضاءة الضعيفة تؤخر الإزهار، وتقلل عقد الثمار والمحصول الكلي.

وتعد لمبات الصوديوم ذات الضغط العالي ولمبات الهاليد المعدني metal halide lamps وأمثالهما هي الأنواع الوحيدة التي تُعطي شدة إضاءة ونوعية إضاءة مناسبتين

للنمو النباتي. ورغم أنه قد استعملت بالفعل لزيادة شدة الإضاءة نهارًا أو لإطالة فترة الإضاءة. فإن اقتصاديات ذلك لم تتحدد هذا ويجب عدم استعمال لمبات الصوديوم ذات الضغط المنخفض، والتي تعطي ضوءا أصفر برتقالي — كتلك التي تستعمل في إضاءة الشوارع نظرا للتأثير السيئ للموجات الضوئية التي تنبعث منها على النمو النباتي

إن نوعية الإضاءة تؤثر على النمو النباتي؛ فمعظم لمبات الصوديوم ذات الضغط العالي — وهي المصممة لإنتاج مستويات عالية من الأشعة النشطة في البناء الضوئي — تؤدي إلى استطالة سلاميات النباتات كثيرًا عما ينبغي وللتغلب على تلك المشكلة، يمكن الجمع بين تلك اللمبات مع أخرى من لمبات الهاليد المعدني التي تنتج قدرًا أكبر من الضوء الأزرق كذلك فإن موضع اللمبات وتوقيت الإضاءة يؤثران في النمو والتلقيح

إن شدة الإضاءة تتحدد بكل من قوة اللمبات والمسافة بينها وبين النباتات. وتعد قوة ٦٥٠ قدم — شمعة عند سطح الأوراق هي الحد الأدنى لشدة الإضاءة التي تلزم للنمو الطبيعي (يحصل على شدة الإضاءة بالقدم شمعة بضرب قوتها بالميكرومول في ٧). ونظرًا لأن اللمبات المستعملة في زيادة شدة الإضاءة أو إطالة فترة الإضاءة تنبعث منها حرارة، فإن ذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار في حسابات التدفئة.

وتجدر الإشارة إلى أن طلاء جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض واستعمال بلاستيك أبيض عاكس للضوء على أرض الصوبة بين خطوط النباتات يفيد في زيادة شدة الإضاءة داخل الصوبة (Oregon State University ٢٠٠٢).

يتميز مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط بالإشعاع الشمسي القوي. والحرارة العالية، مع زيادة الفرق في ضغط بخار الماء VPD خلال شهور الصيف، الأمر الذي قد يحد بشدة من كل من إنتاجية المحاصيل المزروعة وجودتها. وفي الزراعات المحمية يمكن لهذا الشدَّ البيئي أن يقود إلى توليد المركبات النشطة في الأكسدة reactive oxygen species

(اختصارًا ROS) فى ثمار الطماطم الكريزية (الشيرى)، وهى المركبات التى يمكن أن تُهاجم كل أنواع الجزيئات العضوبة؛ محدثة حالة من الشدّ التأكسدى. ويُعد الشدّ التأكسدى أحد العمليات الفسيولوجية الرئيسية التي يمكنها تحوير أو خفض المحصول، والقيمة الغذائية، وصفات الجودة الأكلية، ونشاط مضادات الأكسدة وذلك فى مختلف المحاصيل ومن المعروف أن التعرض للحرارة العالية يُثبط تمثيل الليكوبين ويحلل البيتا كاروتين بسبب تواجد الـ ROS ومع زيادة شدة الإضاءة صيفًا يحدث تسخين زائد للثمار، مما يوقف تراكم الليكوبين، ويؤدى إلى ظهور مناطق غير ملونة،وهى الظاهرة التى تُعرف باسم لسعة الشمس، والتى تسبب خسائر كبيرة للمزارعين. وقد وُجد – كذلك – أن ثمار الطماطم الشيرى فى البيوت المحمية التى تتعرض لإضاءة قوية يتراكم بها ضعف الكمية الطبيعية من الفينولات الذائبة (الروتين rutin، وحامض الكلوروجنك chlorogenic acid) التى تتراكم فى الثمار التى تتعرض لإضاءة منخفضة الشدة. كذلك وجد أن الفلافونات تتراكم فى ثمار الطماطم التى تتعرض لإضاءة قوية كاستجابة فسيولوجية أثناء التأقلم على هذا الوضع. ولوحظت أيضًا زيادة فى محتوى ثمار الطماطم من السكريات خلال فترات الصيف التى تزداد فيها شدة الإضاءة (عن Rosales وآخرين ٢٠١٠).

وفى ظروف الحرارة العالية، والإضاءة القوية، والـ PVD العالى . وُجد أن الأكسدة الفائقة للدهون تزداد. ومعها يزداد الشدّ التأكسدى (الذى يقدح استجابة مضادات للأكسدة. كان أساسها تمثيل قدر أكبر من حامض الأسكوربيك)، وتجريد لفوق أكسيد الأيدروجين من سميته. وتراكم أكثر للبرولين. وفى هذه الدراسة وصل الشد التأكسدى فى الصوبات المفردة (وهو الذى تمثل فى أعلى القيم من دلائل الشد ومن استجابة مضادات الأكسدة) إلى مستويات أعلى مما فى الصوبات المتعددة multispan (عن Rosales وآخرين ٢٠١٠). وكذلك كانت الطماطم الشيرى المنتجة فى الصوبات المفردة أفضل مذاقًا وأعلى محتوى من كل من السكريات والمركبات الفينولية، بينما انخفض محتواها من الأحماض العضوية مقارنة بالمحتوى فى تلك المنتجة فى الصوبات المتعددة (Rosales وآخرون ٢٠١٠).

الطول الموجى

أدى تعريض نباتات الطماطم للأشعة فوق البنفسجية UV-B لمدة ١٠أيام بمعدل ٣,١ كيلوجول kJ/م^2 يوميًا إلى إحداث خفض جوهرى فى كل من الوزن الجاف الكلى، والوزن الجاف للسيقان، والمساحة الورقية، وارتفاع النباتات، وذلك مقارنة بالوضع فى النباتات التى عُوملت بالأشعة فوق البنفسجية بمعدل ٧,٢ kJ/م^2 يوميًا لنفس المدة. وبعد ١٩ يومًا من المعاملة لم يكن لها تأثير سوى على المساحة الورقية وارتفاع النبات وقد أحدثت جرعة الأشعة العالية أضرارًا أشد بالنباتات عندما زيد تركيز ثانى أكسيد الكربون بالهواء إلى ٦٠٠ جزء بالمليون مقارنة بالتأثير فى التركيز العادى للغاز (Hao وآخرون ١٩٩٧).

ويستدل من دراسات Ying وآخرين (٢٠١١) أن الضوء الأزرق ضرورى لنمو نباتات الطماطم الشيرى.

الفترة الضوئية

أدت زيادة طول الفترة الضوئية بضوء شدته ٢,٨ ميكرومول/م^2 فى الثانية من لمبات تنجستون وُضعت على ارتفاع حوالى ٠,٥م من سطح التربة، وذلك من الساعة الرابعة صباحًا حتى شروق الشمس، ومن غروب الشمس حتى الساعة الثامنة مساءً .. أدت تلك المعاملة إلى زيادة محتوى أوراق نباتات الطماطم من الكلوروفيل وزيادة عدد الأزهار والثمار التى عقدت بالعنقود عندما كانت النباتات صغيرة، إلاّ أن تلك المعاملة أثرت على المحصول الكلى للنباتات هذا بينما وجد أن خفض دليل المساحة الورقية leaf area index من ٢ ٥ إلى ٦ ٢ لم يؤثر على المحصول. وعندما أزيل ثلث الأوراق فى شهر مارس (تلك التى تقع تحت كل عنقود مباشرة)، ثم كل ثالث ورقة، فى مرحلة مبكرة من النمو (صاحب ذلك خفض فى دليل المساحة الورقية من ١ ٤ إلى ٩ ٢) حدث فقد فى المحصول بدءًا من بعد ٣–٤ أسابيع من إزالة تلك الأوراق حتى نهاية التجربة، حيث بلغ النقص فى المحصول المتجمع حينئذٍ ٨٪، وكان مرده إلى نقص فى متوسط عدد الثمار العاقدة

بالعنقود، وفى متوسط وزن الثمرة. ويعتقد أن الضوء الذى كان من الممكن أن تتلقاه الأوراق الصغيرة النشطة فى عملية البناء الضوئى (التى كانت توجد فى قمة النبات والتى أزيلت فى عملية التقليم) تلقته بدلاً منها أوراقًا أكبر سنًا وأقل كفاءة فى عملية البناء الضوئى؛ مما أسفر عن نقص فى البناء الضوئى بشكل عام (Valdés وآخرون ٢٠١٠).

التظليل

قارن Francescangeli وآخرون (١٩٩٤) فى الأرجنتين .. تأثير ثلاث معاملات تظليل – أجريت بهدف خفض درجة حرارة الصوبة صيفًا – على نباتات الطماطم، وكانت المعاملات (التى أدت جميعها إلى خفض درجة حرارة الهواء، والأوراق، والتربة) وتأثيراتها كما يلى:

المعاملة	الضوء النافذ إلى داخل الصوبة (٪)	المحصول (كجم/نبات)
الكنترول (بدون معاملة تظليل)	٨١	٢,٧٠٧
رش البلاستيك بماء الجير (٥٠ جم/م^2)	٢٧	١,٩٥١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٢٠٪	٤٧	٢,٢٢١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٦٥٪	٣١	١,٦٨٧

ويتبين من هذه النتائج وجود علاقة طردية مباشرة بين شدة الإضاءة والمحصول، حتى عندما يكون التظليل بهدف خفض درجة الحرارة.

هذا إلاّ إنه يمكن أن يسمح التظليل الجزئى لنباتات الطماطم باستعمال الماء الملحى المتوسط الملوحة فى الرى بأقل تأثيرات سلبية على فسيولوجيا النبات(Deffine وآخرون ٢٠٠٠).

ودُرس تأثير التظليل الخفيف (٣٠٪)، والمتوسط الشدة (٥٥٪)، والشديد (٨٣٪) – مقارنة بعدم التظليل (صفر ٪) – على نمو ومحصول نباتات الطماطم وحيدة العنقود single-truss فى مزارع لتقنية الغشاء المغذى، خفضت فيها حرارة المحلول

المغذى إلى ٢٥ م من يونيو إلى سبتمبر وقد وجد إنه مع زيادة مستوى التظليل انخفض المحصول الكلى، ونقص حجم الثمار، وارتبط محصول الثمار خطيًا مع متوسط شدة الإشعاع الشمسى اليومى داخل البيت المحمى خلال مرحلة تكوين الثمار وأوضح تحليل الارتداد regression analysis أن الانخفاض فى محصول الثمار الكلى المقابل لكل انخفاض قدره ميجا جول واحد لكل متر مربع (1 MJ m^{-2}) من متوسط الإشعاع الشمسى اليومى داخل البيت المحمى، يزداد من ٨٤ إلى ١٠٠ جم/نبات إذا ازداد متوسط الحرارة اليومى من ١٩ °م إلى ٢٧ °م ولقد أدى التظليل صيفا إلى انخفاض فى إصابة الثمار بالتشقق، وأدى إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق عندما ارتفعت حرارة هواء الصوبة عن ٢٥ °م، كما أدى التظليل إلى انخفاض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية وزيادة درجة حموضتها المعايرة (Wada وآخرون ٢٠٠٦)

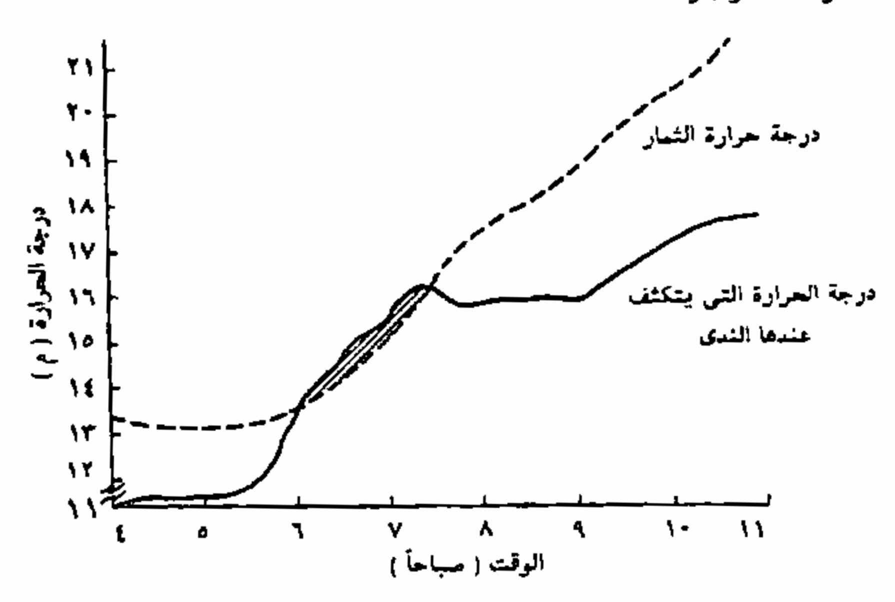
وقد أحدثت زيادة نسبة التظليل فى صوبات الطماطم صيفًا (من يونيو إلى أغسطس فى New Haven بولاية كونكتيكت الأمريكية) من صفر ٪ حتى ٥٠٪ خفضًا خطيًا فى المحصول الكلى. لكن لم يوجد فرق جوهرى بين معاملات التظليل (صفر ٪، و ١٥٪، و ٣٠٪، و ٥٠٪) فى المحصول الصالح للتسويق. وقد أحدث التظليل تأثيرًا واضحًا على تشقق جلد الثمرة. حيث بلغت نسبة الثمار التى ظهر بها ذلك التشقق (المعروف باسم russeting) فى الأصناف الحساسة ٣٥٪ عند غياب التظليل، بينما كانت تلك النسبة ٢٥٪ فى حالة التظليل بنسبة ٥٠٪ ويمكن القول بأن التظليل أحدث زيادة فى نسبة الثمار الصالحة للتسويق دون التأثير على حجمها (Gent ٢٠٠٧).

كما قُورنت مستويات مختلفة من التظليل من يونيو إلى أواخر أغسطس فى البيوت المحمية (صفر، و ١٥٪، و ٣٠٪، و ٥٠٪) على نباتات الطماطم النامية بها، ووجدت علاقة خطية سالبة بين درجة التظليل وامتصاص كلا من الماء والنيتروجين والبوتاسيوم، فكان امتصاص النباتات للماء فى تظليل ٥٠٪ أقل بمقدار ٢٠٪–٢٥٪ عما فى حالة الكنترول بدون تظليل، وحدث نفس الانخفاض تقريبًا بالنسبة لامتصاص النيتروجين.

وبينما لم يؤثر التظليل فى معدل إنتاج الثمار خلال الأسابيع الثلاثة التالية لبدء التظليل. فإن التظليل بنسبة ٥٠٪ أدى — بعد ٦ أسابيع — إلى انخفاض المحصول بحوالى ٣٠٪ مقارنة بالمحصول فى حالة عدم التظليل (Gent ٢٠٠٨).

الرطوبة النسبية

تساعد الرطوبة النسبية العالية فى الزراعات المحمية على انتشار الإصابة بالأمراض، خاصة بفطر بوتريتس *Botrytis*. ويوضح شكل (٩-٢) أن درجة حرارة الثمار تنخفض عن الدرجة التى يتكثف عندها الندى Dew Point Temperature ابتداءً من السادسة صباحًا، ولمدة حوالى ساعة ونصف؛ وهى الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار؛ مما يزيد من فرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن تجنب ذلك برفع درجة الحرارة قليلاً قبل شروق الشمس، حتى لا يحدث ارتفاع مفاجئ فى درجة حرارة الهواء عند الشروق، بينما لا تزال الثمار باردة.



شكل (٩-٢). التغيرات فى درجة حرارة الثمار، ودرجة الحرارة التى يتكثف عندها الندى من الساعة الرابعة صباحًا إلى الساعة الحادية عشرة قبل الظهر. توضح المنطقة المظللة بداية ونهاية الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار (عن Van de Vooren وآخرين ١٩٨٦).

كذلك يؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية إلى قلة امتصاص العناصر المنتقلة مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح، خاصة عنصر الكالسيوم، الأمر الذى قد يتسبب فى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، لذا .. فإنه من الضرورى أن نعمل على خفض الرطوبة النسبية كلما دعت الضرورة إلى ذلك بالتهوية الجيدة.

هذا .. وتتراوح الرطوبة النسبية المثالية للطماطم بين ٧٠٪ و ٧٥٪.

ويبدأ التأثير الضار لارتفاع الرطوبة النسبية عندما ينخفض الفرق فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure عن ٠.٢ كيلو باسكال (0.2kPa). وقد درس Holder & Cockshull (١٩٩٠) تأثير مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية (تراوحت بين ٠.١ و ٠.٨ كيلو باسكال) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، ووجدا أن معدل نمو النباتات لم يتأثر بمستوى الرطوبة النسبية. ولكن المساحة الورقية نقصت جوهريًّا فى الرطوبة العالية، وكان ذلك مرتبطًا بنقص تركيز الكالسيوم فى نصل الورقة، مع ظهور أعراض نقص العنصر. كذلك أدت الرطوبة النسبية العالية إلى نقص المحصول وتدنى نوعية الثمار.

كما درس Bakker (١٩٩٠أ) — كذلك — تأثير التباين فى الرطوبة النسبية — ليلاً ونهارًا (من ٠.٢١ إلى ٠.٧١ كيلو باسكال ليلاً، ومن ٠.٣٥ إلى ١.٠ كيلو باسكال نهارًا) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، وتوصل — كذلك — إلى أن زيادة الرطوبة النسبية تؤدى إلى نقص الكالسيوم ونقص المساحة الورقية للأوراق، ونقص متوسط وزن الثمرة، وضعف قدرة الثمار على التخزين. وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية العالية نهارًا أدت إلى زيادة المحصول.. إلا أن المحصول الكلى انخفض بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا.

وعن علاقة الكالسيوم فى أوراق وثمار الطماطم بكل من مستوى الرطوبة النسبية (ليلاً ونهارًا)، وتركيز الكالسيوم، والتركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى .. وجد Adams & Holder (١٩٩٢) ما يلى:

١- أدت الرطوبة النسبية العالية ليلاً أو نهارًا — وكذلك الملوحة العالية — إلى نقص الوزن الجاف للأوراق.

٢- انخفض دائمًا محتوى الأوراق من الكالسيوم وتركيز الكالسيوم فيها في الرطوبة النسبية العالية، وكان هذا التأثير أوضح عند ارتفاع الرطوبة النسبية ليلاً عنه نهارًا، كما كان النقص في الكالسيوم أقل حدة في المستويات العالية من الكالسيوم.

٣- انخفض تراكم الكالسيوم في الثمار عند انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا، وكان أقل مستوى للكالسيوم في الثمار عندما اقترن انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا مع انخفاض تركيز الكالسيوم وارتفاع التركيز الكلي للأملاح في المحلول المغذي.

٤- بدا أن ارتفاع الرطوبة النسبية نهارًا حفز انتقال الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة، بصرف النظر عن مستوى الرطوبة النسبية ليلاً.

وقد تنخفض الرطوبة النسبية كثيرًا في البيوت المحمية خلال الصيف إلى الدرجة التي يكون لها تأثير سيئ على التلقيح وعقد الثمار. ويلزم — في مثل هذه الحالات — تزويد البيوت المحمية بنظام "المست Mist"، الذي يفيد في زيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة في آن واحد. ويبدأ التأثير الضار للرطوبة النسبية المنخفضة عندما يرتفع الفرق في ضغط بخار الماء عن كيلو باسكال واحد.

ويؤدي استمرار النقص في ضغط بخار الماء — مع توفير الرطوبة الأرضية بالقدر الكافي — إلى حدوث زيادة في كل من معدل امتصاص نباتات الطماطم للماء والمحصول (Trigui وآخرون ١٩٩٩). ويتحقق تخفيض الرطوبة الجوية في الصوبات إما بالتهوية الجيدة، وإما باستعمال مزيلات الرطوبة dehumidifires في حالة كون الرطوبة الجوية الخارجية عالية أصلاً.

وقد أحدثت زيادة الفرق في ضغط بخار الماء VPD — بعدم العمل على زيادة رطوبة الهواء في الأوقات الحارة من اليوم — خفضًا جوهريًا في كل من الوزن الطازج للثمرة ومحتواها من الرطوبة، وزيادة في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها، بينما لم يتأثر الوزن الجاف للثمرة. وقد انخفض تأثير زيادة الـ VPD على كل من محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية والرطوبة بزيادة أعداد الأوراق المسنة التي تمت إزالتها من قاعدة النبات (Leonardi وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أظهرت نباتات الطماطم التى نمت فى ظروف الفرق العالى فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية المنخفضة) قدرة أعلى على البناء الضوئى عما فى تلك التى نمت فى ظروف الفرق المنخفض فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية العالية) وقد كان المحتوى الكلوروفيلى. ونسبة كلورفيل أ إلى ب، والمحتوى البروتينى ونشاط إنزيم الـ rubisco أعلى فى النباتات التى نمت فى الرطوبة النسبية المنخفضة عما فى تلك التى نمت فى ظروف الرطوبة النسبية العالية. كما كان محصول الثمار أعلى فى ظروف الرطوبة المنخفضة. وكذلك جودتها أعلى فيما يتعلق بكل من القوام، واللون، ومحتوى السكر (Xu وآخرون ٢٠٠٧)

التهوية

قورن تأثير التهوية الميكانيكية (المراوح) من فتحات التهوية العلوية (بالسقف) والجانبية (بامتداد الحوائط الجانبية) — المغطاة بالسيران — كلما ازدادت حرارة هواء الصوبة عن ٣٠°م بالتهوية مع التبريد بنظام الروحة والوسادة على نمو ومحصول الطماطم وقد وجد أن متوسط الحرارة العام لهواء الصوبة انخفض جوهريًا فى حالة استعمال نظام المروحة والوسادة بمقدار ٢,٦°م نهارًا، و ١.٢°م ليلاً عن الحرارة فى حالة التهوية الميكانيكية، وبمقدار ٣,٢°م نهارًا، و ٢,٣°م ليلاً عن حرارة الهواء الخارجى كما كانت الحرارة القصوى فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة تقل بمقدار ٤°م مئوية عما فى حالة التهوية الميكانيكية أما الرطوبة النسبية فكانت فى حالة التبريد بنظام الروحة والوسادة تزيد بمقدار ٢٠٪ نهارًا، و ١٠٪ ليلاً عما فى حالة التهوية الميكانيكية. وبمقدار ٣٠٪ نهارًا، و ١٥٪ ليلاً عما فى الهواء الخارجى. أما استهلاك محصول الطماطم للماء فكان يقل جوهريًا فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة (حيث كان ١.٢ لتر لكل نبات/يوم) عما فى حالة التهوية الميكانيكية (حيث بلغ ١.٨ لتر لكل نبات/يوم)، الأمر الذى أُرجع إلى انخفاض النتح فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة وأما محصول الثمار فقد تساوى فى حالتى التبريد بالمروحة والوسادة (٦,٤ كجم/نبات) والتهوية الميكانيكية (٦,٣ كجم/نبات)، إلاّ أن كمية الثمار الصغيرة الحجم

(والتى كانت بكرية غالبًا) والمصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفضت فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة وعلى الرغم من ذلك فإن المحصول الصالح للتسويق كان أعلى جوهريًا فى حالة التهوية الميكانيكية (٥ ٤ كجم/نبات) عما فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة (٨ ٣ كجم/نبات). الأمر الذى أُرجع – أساسًا – إلى زيادة الإصابة بالتشقق فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة. وقد رافق ذلك كله – فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة – زيادة فى أحجام الثمار وفى محتواها من الكالسيوم ويستدل من ذلك على عدم جدوى التبريد بالمروحة والوسادة فى المناطق التى ترتفع فيها الرطوبة النسبية ما لم تتخذ الاحتياطات لخفض رطوبة الهواء (Max وآخرون ٢٠٠٩).

مواعيد الزراعة

إن القاعدة التى تجب مراعاتها عند اختيار الموعد المناسب لزراعة الطماطم فى البيوت المحمية هى أن يكون الحصاد فى الفترات التى يقل أو ينعدم فيها الإنتاج من الزراعات المكشوفة، ويكون ذلك عادة فى الأوقات التالية:

١- بعد الفترات التى تنخفض فيها الحرارة ليلاً عن ١٣ْ–١٥ْم بنحو شهرين وتستمر لفترة تُماثل مدة انخفاض درجة الحرارة.

٢- بعد الفترات التى ترتفع فيها الحرارة نهارًا عن ٢٨ْم–٣٠ْم بنحو شهر ونصف، وتستمر لفترة تماثل مدة ارتفاع درجة الحرارة.

ويرجع السبب فى ذلك إلى توقف عقد الثمار عند انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المبينة أعلاه ويظهر تأثير ذلك على المحصول بعد مدة تتراوح من شهر ونصف إلى شهرين حسب درجة الحرارة . وهى الفترة اللازمة من عقد الثمار إلى نضجها

فإذا علمنا أن نباتات الطماطم تبدأ فى إعطاء محصولها فى الجو المناسب بعد نحو ٨٠ يوما من الشتل، فإنه يمكن تحديد الموعد المناسب للشتل فى كل منطقة على حدة بفرض إمكانية التحكم فى البيوت المحمية بالتدفئة أو بالتبريد، وبخلاف ذلك . فإن الزراعة المحمية لا تفيد كثيرًا فى تحسين العقد عمّا فى الزراعات المكشوفة.

ويؤدى شتل الصقيع خلال أبريل ومايو ويونية إلى توفير المحصول خلال المدة من يولية حتى أكتوبر. وهى الفترة التى ينعدم فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق، أو الدول الشديدة الحرارة صيفا. كما يؤدى شتلها خلال ديسمبر ويناير وفبراير إلى توفير المحصول خلال المدة من مارس حتى مايو، وهى الفترة التى يقل فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق الباردة شتاءً

وتحت الظروف المصرية يوصى بزراعة البذور فى المشتل خلال الفترة من منتصف سبتمبر إلى آخر أكتوبر، علمًا بأنها تشتل بعد ذلك بنحو شهر واحد (أى من منتصف أكتوبر إلى آخر نوفمبر)، وبذا . يمكن أن يبدأ الإنتاج من منتصف يناير ويستمر إلى منتصف شهر مايو

الزراعة

سبق أن أوضحنا خطوات إعداد الأرض للزراعات المحمية — بصفة عامة — فى الفصل السابع، ونُلقى الآن مزيدًا من الضوء عن زراعة الطماطم بوجه خاص.

كمية التقاوى

تتكاثر الطماطم بالبذور. يحتوى الجرام الواحد على نحو ٣٠٠–٣٥٠ بذرة. ويلزم نحو ١٢,٥ جم من البذور لإنتاج شتلات تكفى لمساحة ١٠٠٠م^{2} (أى نحو ٦–٧ جم من البذور لكل صوبة تبلغ مساحتها ٥٤٠م^{2}). ومن الطبيعى أن كل بذرة تزرع منفردة فى عين من عيون الشتالات، نظرًا لارتفاع ثمن بذور الأصناف الهجين التى تستخدم — عادة — فى الزراعات المحمية

إنتاج الشتلات

إن التفاصيل المتعلقة بإنتاج الشتلات — بصورة عادة — ينبغى الرجوع إليها فى حسن (١٩٩٧ب)، ونكتفى فى هذا المقام بالتذكير ببعض الأمور الهامة، وهى

١– يكون إنتاج الشتلات فى صوانٍ (شتّالات) جديدة أو معقمة، مملوءة بخلطة رطبة

ملائمة، قوامها البيت موس مع الفيرميكيوليت والرمل، ومخصبة بمختلف العناصر الكبرى والصغرى. ومضاف إليها مبيد فطرى مناسب - للوقاية من سقوط البادرات - مثل الكابتان - الذى يستعمل بمعدل ٢٠ جم/م^{٣} من الخلطة.

٢- ترش الشتّالات بعد زراعة البذور فيها رشا خفيفًا برذاذ من الماء، ثم تُكوَّم فوق بعضها. وتوضع شتالة غير مزروعة على القمة. تغطى جميع الشتّالات المزروعة - فى الجو البارد فقط - بشريحة بلاستيكية.

تراقب الشتّالات - بعناية - يوميًّا، وبمجرد ملاحظة أولى بشائر الإنبات فى أى منها. فإنها تُفرد فى الحال.

٣- يكون تفريد الشتّالات على قوالب من الطوب، أو قوالب أسمنتية، أو ألواح خشبية، أو صناديق بلاستيكية مقلوبة ... إلخ؛ بحيث لا تلامس سطح التربة.

٤- ترش الشتّالات بعد ذلك بالكابتان أو البنليت بالتركيز المناسب (حوالى ٠,٢٥٪)؛ للوقاية من مرض سقوط البادرات، ويمكن أن يكرر ذلك مرتين أخريين - على فترات أسبوعية - أو أن يتبادل الرش بالكابتان أو البنليت مع الرى بالردوميل Ridomel بتركيز ١٢ مل/لتر

٥- يكون الرى دائما فى الصباح، مع تجنب الرى بعد الثالثة عصرًا.

٦- يكون الرى خفيفًا ومتجانسًا، مع عدم الرى قبل جفاف الطبقة السطحية من تربة الشتّالات حتى عمق ٣ مم.

٧- يراعى توفير تهوية جيدة للوقاية من الأمراض الفطرية، خاصة مرض سقوط البادرات (عن Nassar & Crandle ١٩٨٧).

وقد دُرس تأثير عمر الشتلة عند زراعتها على نمو وإنتاج محصول الطماطم ذات العنقود الواحد. ووجد أن النباتات تكون أسرع نموًّا كلما كانت أصغر عمرًا عند شتلها. فعندما كانت الشتلات أكبر من ٣٥ يومًا فى العمر تأخر نموها بشدة بعد الشتل، وكان الوزن الجاف للجذور والسيقان وقت الحصاد أكبر عندما زرعت النباتات فى عمر أقل. هذا إلاّ أن الوزن الجاف للأوراق، والمساحة الورقية الكلية، ومحصول الثمار كانوا أعلى

ما يمكن عندما استحدمت شتلات بعمر ٢٥، و ٣٥ يومًا، وقد ارتبطت المساحة الورقية الكلية إيجابيًا بمحصول الثمار (Okano وآخرون ٢٠٠٠).

وبالنسبة لإنتاج الشتلات المطعومة فإن من أكثر أصناف الطماطم استخدامًا كأصول فى الزراعات المحمية كلاً من بيوفورت Beaufort، وماكسى فورت Maxifort. وكلاهما مقاوم لكل من. الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مسبب مرض الجذر الفليني. وأكثر أنواع نيماتودا تعقد الجذور تواجدًا، والفطر *Verticillium* sp مسبب مرض ذبول فيرتسيليم، والسلالتان ١، و ٢ من الفطر *fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، والفطر *Fusarium oxysporum* f. sp *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج. وبالإضافة إلى تلك المقاومات. فإن الأصل ماكسى فورت يوفر للطعم قوة نمو عالية جدًا، بينما يوفر بيوفورت قوة نمو متوسطة (McAvoy ٢٠٠٥ — الإنترنت)

طريقة ومسافات الزراعة

إقامة المصاطب

تقام المصاطب أثناء إعداد الأرض للزراعة (حيث يوضع فى باطنها السماد العضوى والأسمدة الكيميائية السابقة للزراعة). ويكون عرض المصطبة ذاتها مترًا واحدًا، ويفصل بينها قنوات بعرض نصف متر، مع ترك مسافة ٧٥ سم بامتداد الجانبين الطوليين للصوبة. وبذا يقام بكل صوبة خمس مصاطب. تبلغ المسافة بين مركز كل مصطبتين متجاورتين منها ١٥٠ سم.

الغطاء البلاستيكى للتربة

يُفيد تغطية سطح المصاطب بالبلاستيك فى حفظ الرطوبة الأرضية، ومنع نمو الحشائش، ونمو الجذور حتى قريبًا من سطح التربة، وتقليل فقد الأسمدة بالشرح. يستعمل لذلك البلاستيك الأسود، ولكن يفضل فى المواسم الحارة استعمال البلاستيك الأبيض. مع مكافحة الحشائش — قبل فرد البلاستيك — باستعمال المبيدات وبالاختيار

المناسب للون البلاستيك يمكن التحكم في حرارة التربة، حيث يعمل البلاستيك الأسود على رفع الحرارة، بينما يعمل البلاستيك الأبيض على خفضها.

ويذكر Eltez & Tuzel (١٩٩٤) أن محصول الطماطم ازداد — في إزمير بتركيا — بنسبة ٢٥٪ عند استعمال البلاستيك الأسود في العروة الربيعية (حيث الحرارة المنخفضة عند الشتل)، وبنسبة ٣٧,٥٪ عند استعمال البلاستيك الأبيض في العروة الخريفية (حيث الحرارة مرتفعة عند الشتل). وجدير بالذكر أن الشرائح البلاستيكية — بما في ذلك الشفافة منها — تغطى بالأتربة بعد أسابيع قليلة من استعمالها، حيث تتساوى مختلف الألوان — حينئذٍ — من حيث تأثيرها على حرارة التربة.

هذا .. ويتم تثقيب البلاستيك على الأبعاد المرغوب فيها للزراعة، لأجل تمرير جذور النباتات منها عند شتلها. ويجرى ذلك إما بقطع دوائر بقطر حوالى ٧ سم في الغطاء، وإما بعمل قطعين قصيرين فيه بالموسى على شكل علامة (+) في مواقع الشتل.

الشتل، ومسافة الزراعة، والكثافة النباتية

تشتل نباتات الطماطم في خطين — بكل مصطبة — يبعد كل منها عن الآخر بمسافة ٥٠ سم، ويتوسطهما خرطوم الرى بالتنقيط الذى يكون بامتداد منتصف المصطبة. تكون المسافة بين النباتات في الخط ٥٠ سم، مع جعل مواقع النباتات في خطى كل مصطبة بالتبادل (على شكل رجلّ غراب)، وبذا فإن كل صوبة يكون بها حوالى ١٢٠٠ نبات. وقد تشتل النباتات في خطوط مفردة تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٩٠ سم، وعلى مسافة ٤٠–٤٥ سم بين النباتات في الخط (٢,٥–٣,٣ نبات/م٢). أما في الزراعات اللاأرضية فإن الشتل يكون على مسافة ٤٥–٦٠ سم بين النباتات في الخط، مع توفير مسافة ١٢٠–١٥٠ سم بين الخطوط.

هذا .. ويتراوح متوسط كثافة الزراعة — في مختلف الدول العربية — بين ٢,١ نباتًا/م٢ في الأنفاق البلاستيكية، و ٢,٢ نباتًا/م٢ في البيوت المحمية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٥).

وقد درس Cockshull & Ho (١٩٩٥) تأثير كثافتي الزراعة ٢٠٤، و ٣٠٦ نباتا/م٢ على كمية محصول ونوعية ثمار الطماطم. ووجدا أن الكثافة النباتية العالية صاحبتها زيادة قدرها ٨٪ في المحصول المبكر، و ١٥٪ في المحصول الكلي عن الكثافة المنخفضة. كما أدت الكثافة العالية إلى نقص المتوسط العام لوزن الثمرة، ونقص محصول الثمار الكبيرة (الدرجة C التي يزيد قطرها على ٥٧ ملليمترًا)، وزيادة محصول الثمار الصغيرة (الدرجة E التي يقل قطرها عن ٤٧ ملليمترًا).

وفي دراسة أجريت على طماطم زرعت بكثافة ٢,٠٤ نبات/م٢، وسُمح فيها بنمو فرع جانبي لنبات من كل نباتين، بحيث ازدادت الكثافة الفعالة إلى ٣,٦ نبات/م٢، وجد أن ذلك الإجراء سمح بإنتاج عددًا أكبر من الثمار من المتر المربع الواحد، مقارنة بإنتاج الثمار في كثافة ٢٠٤ نبات/م٢. إلاّ أن تلك الزيادة في محصول الثمار لم تحصد إلا بعد مرور ٨٠ يومًا على السماح بنمو الفرع الجانبي. وكان ذلك مناسبًا عندما سُمح للفرع الجانبي بالنمو بعد ٣ أسابيع من الشتل. هذا إلاّ أن تلك الزيادة في الفروع الجانبية التي سمح لها بالنمو أدت إلى خفض عدد الثمار الصالحة للتسويق بكل عنقود ثمري. وقد ساعد السماح بنمو الفرع الجانبي لنبات من كل نباتين على زيادة كلٍّ من دليل المساحة الورقية والمحصول الكلي جوهريًا. وقد ساعدت الزيادة في المساحة الورقية في تظليل الثمار وحمايتها من أشعة الشمس، كما ساعدت المعاملة على خفض نسبة المحصول الذي خُفِّضت درجته إلى الدرجة الثانية (Cockshull وآخرون ٢٠٠١)

يكون شتل النباتات على عمق أكبر من الذي كانت عليه البادرات في المشتل بنحو ٢.٥ سم (تغطي – عادة – السويقة الجنينية السفلى بالتربة – عند الشتل – حتى قريبا من مستوى الأوراق الفلقية)، مع الضغط على الجذور (يوجه الضغط نحو الجذور وليس حول قاعدة ساق البادرة)، حتى تتصل بشكل جيد مع التربة، فلا تتعرض النباتات للذبول

الري عقب الشتل بالأسمدة البادئة

يجرى الرى عقب الشتل مباشرة بمحلول بادئ غنى فى الفوسفور، كأن يكون تحليله ١٠-٢٠-١٠، ويفضل إضافة نحو ١٥٠ مل (سم^{٣}) من محلول سمادى بادئ فى حفرة (جورة) الزراعة بعد وضع الشتلة فيها، وقبل الترديم عليها، ويعد ذلك بديلاً لرية الشتل.

احتياجات الزراعة من ساعات العمل

يذكر Van de Vooren (١٩٨٦) أن زراعات الطماطم المحمية – فى هولندا – يلزم لها نحو ٥٨٠ ساعة عمل لكل ١٠٠٠م^{٢}، يخصص نحو ٣٨٪ منها للحصاد، و ٣٠٪ منها للتربية الرأسية، و ١١٪ منها لإزالة الأوراق السفلية، و ١١٪ أخرى منها للتلقيح، أما الـ ١٠٪ المتبقية (حوالى ٥٨ ساعة عمل). فتلزم لباقى العمليات الزراعية، وهى الزراعة. ومكافحة الآفات. والتخلص من النباتات بعد الحصاد. ويُستفاد من هذه الأرقام فى تعرف العمليات الزراعية التى تحتاج إلى تكثيف العمالة أكثر منها التعرف على العدد المطلق من ساعات العمل لكل عملية زراعية.

الري

من الضرورى العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر المناسب. ويفيد استعمال الغطاء البلاستيكي للتربة فى تقليل التقلبات الكبيرة في الرطوبة الأرضية. وفى حالة الرى بالتنقيط. فإن عدد مرات الرى اليومية لا يهم، ما دامت النباتات تعطى كل احتياجاتها من الرطوبة (Snyder & Bauerle ١٩٨٥). هذا .. ويكفى خط واحد من خطوط الرى بالتنقيط لكل خط مزدوج من خطوط الزراعة.

تكون الرية الأولى بعد رية الزراعة بيوم واحد إلى سبعة أيام حسب طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة، حيث تقصر المدة فى الجو الحار وفى الأراضى الرملية، وتطول فى الجو المائل إلى البرودة وفى الأراضى الثقيلة. وكثيرًا ما يحتاج الأمر إلى الرى مرتين يوميًا فى الأراضى الرملية، خاصة فى الجو الحار. ويتم فى هذه الحالة توزيع مياه الرى بالتساوى على الريتين اللتين تكونان حوالى الساعة التاسعة صباحًا والساعة الثالثة بعد الظهر.

وفى الأراضى الرملية يكون معدل الرى – عادة – لترًا واحدًا لكل نبات فى اليوم الواحد (يوزع بالتساوى على ريتى اليوم) فى بداية حياة النبات، مع زيادة الكمية المضافة تدريجيًا، إلى أن تصل إلى لترين إلى ثلاثة لترات من الماء لكل نبات فى اليوم الواحد، ابتداءً من الأسبوع التاسع بعد الشتل. وإذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية للتربة مازالت رطبة، تعين تأجيل الرى إلى يوم تالٍ، مع إنقاص كمية مياه الرى إلى النصف إذا دعت الضرورة إلى ذلك.

أما فى الأراضى الثقيلة فإن معدل الرى يجب إلا يزيد عن لتر واحد إلى لتر ونصف اللتر لكل نبات فى كل رية؛ حتى لا تتعجن التربة. ويراعى عدم إعطاء الرية التالية قبل جفاف الطبقة السطحية من التربة حتى عمق ٥ سم، مع مراعاة أن تكون الطبقة التى تليها – وعلى امتداد خطَّىْ الزراعة فى كل مصطبة – رطبة دائمًا؛ لضمان حصول النباتات على حاجتها من الرطوبة الأرضية.

ولكل من نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها عن الحدود المناسبة أضرارها على نباتات الطماطم. فنقص الرطوبة يؤدى إلى نقص معدل النتح، وارتفاع درجة حرارة الأوراق، وانغلاق الثغور، مما يؤدى إلى ضعف نمو النباتات ونقص المحصول (عن Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥). وفى المقابل تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى غزارة النمو الخضرى على حساب الإثمار، مع تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور. ويؤدى تعرض النباتات إلى شدّ رطوبىّ معتدل (يتراوح بين Ψ_L "الـ Leaf Water Potential" مقدارها –١٠ ميجا باسكال من الزراعة إلى مرحلة تكوين العنقود الزهرى الثالث، و –٥٠ ميجا باسكال بعد ذلك) إلى حفظ التوازن المطلوب بين النمو الخضرى والنمو الثمرى (Araki ١٩٩٤).

وقد قورن إنتاج الطماطم واستهلاك نباتاتها للماء فى ثلاثة نظم للإنتاج فى البيوت المحمية، هى: الزراعة فى التربة، وفى تقنية الغشاء المغذى (مزرعة مائية مغلقة)، وفى الصوف الصخرى (مزرعة مائية مفتوحة)، وقد وجد أن نظاما المزارع

المائية كانا في موسمي الشتاء/الربيع، والخريف/الشتاء — على التوالي — أبكر بمقدار ١٠، و ٨ أيام، وأعلى محصولاً بمقدار ١١٪، و ٧٪، وذلك مقارنة بالوضع في الزراعة الأرضية. وكانت الزراعة الأرضية أكثر كفاءة في استخدام المياه في كلتا الزراعتين (شتاء/ربيع، وخريف/شتاء)؛ بسبب الاعتماد على أجهزة قياس الشد الرطوبي tensiometers في التربة، والري بكميات مياه مناسبة، واستخدام الأغطية البلاستيكية للتربة. وبمقارنة نوعا المزارع المائية المستخدمتين كانت تقنية الغشاء المغذي أعلى محصولاً، وأقل استهلاكاً للماء والأسمدة، وأقل تأثيرًا في البيئة (Valenzano وآخرون ٢٠٠٨).

التسميد

تقديرات احتياجات الطماطم من العناصر السمادية

كميات العناصر الممتصة

اختلفت تقديرات الباحثين بشأن كميات العناصر التي تمتصها نباتات الطماطم من التربة في الزراعات المحمية، وقد تراوحت التقديرات للهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠م^{2} = ٢.٣٨ فدانًا) كما يلي: النيتروجين ٣٧٣ — ٣٨٦ كجم، والفوسفور ٣٥ — ١٠٥ كجم، والبوتاسيوم ٥٨٠–٨٩٣ كجم، والكالسيوم ٢٨٠ — ٣٤٠ كجم، والمغنيسيوم ٤٨ — ٨٨ كجم. أما تقديرات العناصر الممتصة في مزارع البيت موس في البيوت المحمية، فقد كانت أعلى من ذلك، وبلغت: ٦١٢ كجم/هكتار للنيتروجين، و ٩٠ كجم للفوسفور، و ٩٦١ كجم للبوتاسيوم، و ٢٨١ كجم للكالسيوم، و ١٠٤ كجم للمغنيسيوم. ومن الضروري توفير هذه الكميات من العناصر على صورة أسمدة؛ وذلك للحصول على أعلى إنتاجية من الزراعات المحمية (عن Adams ١٩٨٦).

وفي نيوزيلندا .. قدر White (١٩٩٣) كميات العناصر التي امتصتها نباتات الطماطم النامية في مزارع تقنية الغشاء المغذي (متوسطات ١٧ زراعة، بمتوسط عمر ٣٤ أسبوعًا،

على أساس تحليل الماء والمحاليل المغذية وكميات أملاح العناصر المغذية المضافة) على النحو التالى (كجم/هكتار).

النيتروجين ٧٩٠	الفوسفور ١٧٠
البوتاسيوم ١٤١٥	الكبريت ٢٣٧
الكالسيوم ٦٠٦	المغنيسيوم ١١٢
الصوديوم ٧٠	الكلورين ٩٧
الحديد ١٤	المنجنيز ٤,٥
الزنك ٨ ٠	النحاس ٠,٥
البورون ٥ ١	

وقد ازداد معدل امتصاص العناصر تدريجيًا بين الزراعة وبداية الحصاد، ثم انخفض لفترة، ثم عاد إلى معدلاته العالية مرة أخرى. وكان مرد الانخفاض المؤقت إلى حدوث موت لبعض الجذور عند بداية مرحلة الحمل الغزير، وتعرض النباتات لحالة من الشدّ stress نتيجة لذلك.

وتمتص نباتات الطماطم كميات كبيرة من الماء والعناصر المغذية يوميًا، وتزداد كمية الماء المتصة بزيادة النمو النباتى، وبارتفاع درجة الحرارة. ويوضح جدول (٩-١) كميات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، وكمية الماء التى يمتصها النبات الواحد من الطماطم يوميًا فى مزرعة مائية يتضح من الجدول أن النباتات الصغيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود الأول) لا تختلف عن النباتات الكبيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود التاسع)، فى الكميات التى تمتصها من عنصرى النيتروجين، والفوسفور، بينما تمتص النباتات الكبيرة كميات أكبر نسبيًا من عنصر البوتاسيوم ومن الماء إلا أن نتائج دراسات أخرى لا تتفق مع هذه النتائج كما سيأتى بيانه فى موضع لاحق من هذا الفصل

تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة أجريت فى الملكة المتحدة خلال شهرى أغسطس

وسبتمبر. ومن المتوقع أن تزداد كمية الماء التي يمتصها النبات يوميًا عن ذلك بنحو ٥٠٪ في المناطق الأكثر حرارة، حتى إذا كانت البيوت المحمية مزودة بوسائل التبريد؛ ذلك لأن عملية التبريد تؤدى إلى حركة الهواء حول النباتات، وزيادة معدلات النتح تبعًا لذلك.

جدول (٩-١): المعدل اليومي لامتصاص نباتات الطماطم من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ومن الماء في مزرعة مائية (عن Adams ١٩٨٦)

مرحلة النمو (العنقود ذو الأزهار المتفتحة)	الامتصاص اليومي / نبات			
	النيتروجين (مجم)	الفوسفور (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)
١	١١٦	٢٢	١١٤	٦٠٨
٩	١١٤	٢٥	٢٩٣	٩٢٦

وبينما يتأثر امتصاص عنصري النيتروجين والبوتاسيوم إيجابيًا بدرجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسي، فإن امتصاص الفوسفور يكون أكثر تأثرًا بدرجة حرارة الجذور (Adams ١٩٩٣، و ١٩٩٤).

كما يتأثر معدل امتصاص نباتات الطماطم من كل من الماء والعناصر الغذائية بشدة الإضاءة؛ فيتضاعف امتصاص النباتات للماء عدة مرات في الإضاءة الجيدة بالمقارنة بالامتصاص الحادث في الإضاءة الضعيفة. ومع أن امتصاص النباتات لعنصري النيتروجين والبوتاسيوم يزداد في الإضاءة الجيدة أيضًا بنحو ٦٥٪-٧٠٪، إلا أن نسبة الكمية الممتصة من الماء تكون في الإضاءة الضعيفة أكبر بكثير منها في الإضاءة القوية وتتضح هذه العلاقة بين شدة الإضاءة، وامتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية في جدول (٩-٢). وتبين هذه النتائج مدى أهمية أخذ عامل شدة الضوء في الحسبان عند تحضير المحاليل المغذية وتجديدها لمزارع الطماطم المائية (عن Adams ١٩٨٦).

جدول ٩-٢): العلاقة بين شدة الإضاءة، وامتصاص نباتات الطماطم للماء وعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم.

الشهر	شدة الإضاءة (MJm⁻²h⁻¹)	الامتصاص اليومى / نبات			النسبة	
		النيتروجين (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)	N / ماء	K / ماء
مارس	منخفضة: ٠,٢٤	٨,١	١٥,٧	٤٣,٢	٠,١٨٨	٠,٣٦٣
يونية	مرتفعة: ١,٩٦	١٣,٧	٢٥,٦	١٤٠,٩	٠,٠٩٧	٠,١٨٢

وتمتص نباتات الطماطم – فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — ١٢٪ فقط من احتياجاتها اليومية من الماء، وبين ٢٨٪ إلى ٤٥٪ من احتياجاتها اليومية من مختلف العناصر المغذية خلال الليل (والرقم المقابل بالنسبة لامتصاص العناصر فى الخيار ليلاً هو من ١٨٪-٤٦٪). ويعنى ذلك أن نسبة امتصاص العناصر إلى امتصاص الماء تكون أعلى ليلاً منها نهارا (عن Kanahama ١٩٩٤).

توزيع العناصر الممتصة على مختلف الأجزاء النباتية

يوضح جدول (٩-٣) كميات العناصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية، ونسبة ما يصل منها إلى الثمار. ويتضح من الجدول أن الثمار يصل إليها نحو ٦٠٪ من الكميات التى تمتصها النباتات من العناصر الأولية، وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، بينما يصل إليها نحو ثلث الكمية الممتصة من المغنيسيوم، وأقل من ٥٪ من الكمية الممتصة من الكالسيوم وفى دراسات أخرى بلغ الوزن الجاف لثمار الطماطم من ٥١٪-٦٣٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات، وذلك يدل على أن المخزون بالثمار أكثر من نصف كمية الغذاء الموجودة فى النبات، سواء أكانت تلك المواد التى يقوم النبات بتجهيزها، أم تلك التى يمتصها من التربة

وتؤثر الرطوبة النسبية على محتوى الأوراق والثمار من عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم، حيث تؤدى زيادة الرطوبة إلى نقص مستوى العنصرين فى الأوراق وإلى زيادتهما فى الثمار (Adams ١٩٩٣، و ١٩٩٤).

جدول (٩-٣) توزيع العناصر التى تمتصها الطماطم فى الزراعات المحمية على مختلف الأجزاء النباتية (جم/نبات)

الجزء النباتى	نيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم
أنصال الأوراق	٣,٧٧	٠,٧٥	٥,٨٥	٨,٥٦	٠,٥٧
أعناق الأوراق	٠ ٦٨	٠,١٧	٤,٠٧	١,٨٩	٠,٣٤
الأزهار، وأعناق الثمار	٠,٢٢	٠,٠٤	٠,٠٣٧	٠,١٤	٠,٠٣
السيقان	٠,٨٧	٠,٢٥	٢,٣٤	٠,٩٠	٠,١٩
الجذور	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠٨	٠,٥	٠,٠٢
الثمار	٨,٥٥	١,٨٢	١٦,٧٠	٠,٥٨	٠,٦١
المجموع الكلى	١٤,١٥	٣,٠٤	٢٩,٤١	١٢,١٢	١,٧٦
نسبة ما يصل إلى الثمار	٦٠,٤٪	٥٩,٩٪	٥٦,٨٪	٤,٨٪	٣٥,٢٪

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى التعرف على احتياجاته السمادية، علمًا بأن تركيز العناصر فى النباتات التى لا تعانى نقص العناصر يقل تدريجيًا مع تقدمها فى العمر. ويبين جدول (٩-٤) هذه الحالة بالنسبة لزراعات الطماطم المحمية، كما يعطى الجدول التركيزات الطبيعية لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة للنمو معبرا عنها برقم العنقود ذى الأزهار المتفتحة. ويلاحظ أن محتوى الأوراق من جميع العناصر يتناقص مع تقدم النبات فى العمر، ويصل مقدار النقص فيما بين مرحلتى إزهار العنقودين الثانى والثانى عشر إلى ٣٥٪ فى حالتى النيتروجين، والبوتاسيوم، و ٢٢٪ فى حالة الفوسفور (عن Adams ١٩٨٦).

ويذكر Coltman & Riede (١٩٩٢) أن الاختبارات السريعة لمحتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من البوتاسيوم — باستعمال دلائل ورقية خاصة (colorimetric paper test strips) — يفيد كثيرًا فى تقدير حاجة النباتات إلى التسميد بالبوتاسيوم وقد حصل الباحثان على أعلى محصول صالح للتسويق (٢,٧٥

كجم/نبات). عندما تراوح تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى (للمزارع اللاأرضية) بين ١٩٠ و ٢٠٠ مجم/لتر، حيث كان محتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من العنصر ٩ ٥ مجم/مل.

جدول (٩-٤) محتوى أوراق الطماطم فى الزراعات المحمية من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة من النمو النباتى[1]

عمر النبات معبرًا عنه برقم آخر عنقود تفتحت أزهاره	محتوى الأوراق من العنصر (٪ على أساس الوزن الجاف)		
	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
٢	٤,٨	٠,٣٢	٥,٠
٣	٤,٠	٠,٢٤	٤,١
٥	٣,٥	٠,٣٠	٤,٢
٧	٣,٦	٠,٢١	٣,٦
٩	٣,١	٠,٢٠	٣,١
١٢	٣,١	٠,٢٥	٣,٢

[1] أجريت التحاليل على الورقة التى توجد أسفل آخر العناقيد المزهرة مباشرة

وتكون حدود الكفاية لتحليل مختلف العناصر فى الطماطم بأول الأوراق المكتملة النمو من القمة النامية — على أساس الوزن الجاف — كما يلى:

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
النيتروجين (٪)	٤,٠-٥,٠	٣,٥-٤,٠
الفوسفور (٪)	٠,٥-٠,٨	٠,٤-٠,٦
البوتاسيوم (٪)	٣,٥-٤,٥	٢,٨-٤,٠
الكالسيوم (٪)	٠,٩-١,٨	١,٠-٢,٠
المغنيسيوم (٪)	٠,٥-٠,٨	٠,٤-١,٠
الكبريت (٪)	٠,٤-٠,٨	٠,٤-٠,٨
الحديد (جزء فى المليون)	٥٠-٢٠٠	٥٠-٢٠٠

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
الزنك (جزء فى المليون)	٢٥–٦٠	٢٥–٦٠
المنجنيز (جزء فى المليون)	٥٠–١٢٥	٥٠–١٢٥
النحاس (جزء فى المليون)	٨–٢٠	٨–٢٠
البورون (جزء فى المليون)	٣٥–٦٠	٣٥–٦٠
الموليبدنم (جزء فى المليون)	١–٥	١–٥

أما المستويات السامة للعناصر بالأوراق، فهى (بالجزء فى المليون): ١٥٠ للبورون، و ٥٠٠ للمنجنيز، و ٣٠٠ للزنك (عن Oregon State University ٢٠٠٢).

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

على الرغم من أن هذا الموضوع سبق أن تناولناه بالتفصيل فى كتاب "أساسيات وفسيولوجيا الخضر". حسن ١٩٩٧أ، وبإيجاز عام فى الفصل السابع من هذا الكتاب .. إلا أننا نورد – فى هذا المقام – أعراض نقص مختلف العناصر كما تظهر على نباتات الطماطم بوجه خاص.

أولاً: العناصر المتحركة فى النبات

العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى – عند بلوغها مرحلة الشيخوخة، أو عند تعرض النبات لنقص العنصر – إلى الأوراق العليا التى تكون ما زالت نشطة فسيولوجيا، ولذا فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية، ثم تتقدم تدريجيًا نحو الأوراق العليا، ولكنها نادرًا ما تظهر على أحداث الأوراق التى تكون فى قمة النبات.

وتضم العناصر المتحركة ما يلى:

١– النيتروجين

فى حالات نقص العنصر يكون النبات ضعيفًا، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا أخضر

مصفرًا وفى حالات النقص الشديد تكون معظم أوراق النبات ذات لون أخضر شاحب، وتأخذ العروق الرئيسية فى الأوراق لونًا قرمزيًا، وتكون الثمار صغيرة الحجم

٢- الفوسفور

فى حالات نقص العنصر يقل معدل النمو النباتى (الخضرى والجذرى) وتكون السيقان رفيعة وفى حالات النقص الشديد تكون الأوراق صغيرة، وصلبة أو شبة متيبسة. وملتفة لأسفل ويأخذ السطح العلوى للأوراق لونًا أخضر ضاربًا إلى الزرقة، بينما يكتسب سطحها السفلى – بما فى ذلك العروق – لونًا قرمزيًا وتظهر بالأوراق المسنة بقعا قرمزية جافة. وتتعرض للسقوط المبكر.

٣- البوتاسيوم

فى حالات نقص العنصر تبدو الأوراق السفلية وكأنها محترقة، وتلتف حواف الوريقات، ويظهر بها اصفرار بين العروق، وبقع صغيرة جافة متحللة وتقتصر أعراض نقص العنصر فى الأوراق الوسطية على ظهور الاصفرار ما بين العروق والبقع الصغيرة الجافة كذلك يقل معدل النمو لنبتى وتبقى الأوراق صغيرة. وفى المراحل المتأخرة ينتشر الاصفرار والتحلل فى مساحات كبيرة من الورقة مع تقدم ظهور الأعراض على الأوراق الأحدث. وتظهر على الثمار ظاهرة النضج المتبقع أو غير المنتظم، حيث تكثر بالثمار الناضجة المساحات الخضراء والصفراء والحمراء الباهتة اللون.

٤- المغنيسيوم

يظهر – عند نقص العنصر – اصفرار فى حواف الأوراق السفلى، يتقدم نحو الداخل فيما بين العروق الرئيسية تاركًا العروق خضراء اللون، ثم تظهر بقع متحللة فى المناطق الصفراء بين العروق، كما تفقد العروق الصغيرة – كذلك – لونها الأخضر. وفى حالات النقص الشديد تموت الأوراق السفلى، ويأخذ النبات كله لونًا مصفرًا، ويقل إنتاج الثمار

٥- الزنك

الزنك من العناصر الصغرى المتحركة فى النبات عند نقص العنصر تكون جميع

أوراق النبات أصغر من حجمها العادى. وتظهر بقع صغيرة بنية اللون ذابلة (بها كرمشة) غير منتظمة الشكل على أعناق الوريقات، وعلى عروق الورقة وفى المساحات بين العروق. كما تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل وتلتف الأوراق الكاملة بطريقة حلزونية. وفى حالات النقص الشديد ينتشر التحلل والجفاف فى معظم النمو الخضرى.

ثانيًا العناصر غير المتحركة فى النبات

نظرًا لأن هذه المجموعة من العناصر تثبت فى الأنسجة التى تصل إليها ولا تتحرك منها بعد ذلك. ونظرًا لأن المراحل الأولى للنمو النباتى تستنفذ – فى حالات نقص العناصر – القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة؛ لذا .. فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق العليا من النبات.

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى:

١– الكالسيوم

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات، ويؤدى نقصه إلى اصفرار حواف الأوراق العليا. وتحول سطحها السفلى إلى اللون البنى الضارب إلى القرمزى، وخاصة عند الحواف، وتبقى الوريقات صغيرة، ومشوهة، وتلتف حوافها إلى أعلى. ومع استمرار النقص تجف قمة الورقة وحوافها، وتلتف أعناق الأوراق وتموت، كما تموت القمة النامية وفى النهاية تصفر كذلك الأوراق السفلية وتظهر فيها بقع متحللة. ومن أهم أعراض نقص العنصر إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

ويؤدى نقص الكالسيوم فى الزراعات المحمية للطماطم إلى صغر حجم الأوراق الصغيرة وظهور تحللات بها، وزيادة نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك إلى نقص المحصول فى الحالات الشديدة، كما تؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور بقع أو بثرات ذهبية اللون goldspot أو goldspec بالثمار بسبب تجمع تكتلات حبيبية من بللورب صغيرة جدًا من أوكسالات الكالسيوم بالخلايا فى موقع تلك البقع، وهى ظاهرة

لا تؤثر فقط على مظهر الثمار. ولكن تؤثر – كذلك – في قدرتها على التخزين. وقد وجد أن أفضل تركيز للكالسيوم في المحلول المغذى كان ٣٠٠ جزء في المليون، كما كان أفضل تركيز للمغنيسيوم ١٨٠ جزءًا في المليون (Hao & Papadopoulos ٢٠٠٤)

٢- الكبريت

الكبريت – كذلك – من العناصر الكبرى غير المتحركة في النبات. تبدو الأوراق العليا عند نقص العنصر صلبة أو شبه متيبسة، وتلتف إلى أسفل، ومع استمرار النقص تظهر بها بقع متحللة. وتصبح صفراء اللون. بينما تكتسب السيقان والعروق وأعناق الأوراق لون قرمزيًا ويظهر على الأوراق السفلية بقع متحللة عند قمة الوريقات وحوافها، وبقع صغيرة قرمزية بين العروق.

٣- الحديد

الحديد من العناصر الصغرى، ويعد الاصفرار أهم أعراض نقصه. يبدأ ظهور الاصفرار عند حواف الوريقات القمية، ثم ينتشر في كل الورقة وفي البداية تكون أصغر العروق خضراء اللون، الأمر الذى يعطى الورقة مظهرًا شبكيًا من العروق الصغيرة الخضراء في خلفية صفراء اللون. ولكن سرعان ما تكتسب الورقة كلها لونًا أصفر شاحبًا، ولكن لا يظهر أى تحلل فيها ومع استمرار النقص تظهر الأعراض على الأوراق التي تلي القمة النامية، فالأدنى منها .. وهكذا يكون النمو النباتي متقزمًا، والسيقان رفيعة، والأوراق صغيرة. كما تفشل الأزهار في العقد.

٤- البورون

البورون من العناصر الصغرى التي يؤدى نقصها إلى ضعف النمو الخضرى، وجفاف وموت القمة النامية للنبات ويظهر على الأوراق العليا للنبات المتأثر بنقص العنصر اصفرار بين العروق، وتبرقشات في الوريقات التي تبدو أصغر من حجمها الطبيعي، وتلتف إلى أعلى، وتتشوه، ثم تكتسب لونًا بنيًا وتموت وتكتسب الأوراق الوسطية لونًا برتقاليًا ضاربًا إلى الصفرة، وتصبح العروق صفراء أو قرمزية اللون أما الأوراق السفلية

فيكون لونها أخضر ضاربًا إلى الصفرة وتموت القمم النامية للفروع الجانبية للنبات وتكون أعناق الأوراق سهلة الكسر. وتحدث انسدادات في الأنسجة الوعائية للنبات.

٥- النحاس:

النحاس من العناصر الصغرى التي يؤدى نقصها إلى التفاف حواف الأوراق الوسطية والعلوية على شكل اسطواني نحو العرق الوسطي. ولا يظهر أي اصفرار أو تحلل، ولكن يظهر لون أخضر ضارب إلى الزرقة، وتكون الأوراق الطرفية صغيرة، وصلبة أو شبه متيبسة، وتلتف إلى أعلى. تنحني أعناق الأوراق إلى أسفل، وتتقزم الساق ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة قريبًا من العرق الوسطي والعروق الكبرى وعليهما.

٦- المنجنيز:

المنجنيز - كذلك - من العناصر الصغرى الذى يؤدى نقصه إلى اكتساب الأوراق الوسطى والقاعدية - ثم الأوراق العليا - لونًا باهتًا. ومن أهم ما يميز نقص العنصر ظهور اصفرار واضح بين العروق مع بقاء العروق خضراء اللون، ثم ظهور بقع متحللة في المساحات الصفراء. ويكون الاصفرار أقل حدةً مما في حالة نقص الحديد، كما لا يكون مقصورًا على الأوراق العلوية فقط مثلما تكون عليه الحال في حالة الحديد.

٧- الموليبدنم:

الموليبدنم من العناصر الصغرى التي يحتاج إليها النبات بكميات قليلة جدًا. ويؤدى نقصه إلى ظهور لون أخضر شاحب وتبرقشات مصفرة في المساحات بين العروق في جميع أوراق النبات. كما تفقد العروق الصغيرة لونها الأخضر. ويبدأ ظهور التحلل في المساحات الصفراء وعند حواف وقمة الوريقات، ثم يظهر - في نهاية الأمر - على كل الورقة التي تجف وتنكمش. ويحدث تقدم الأعراض من الأوراق المسنة إلى الأوراق الأحدث، ولكن تبقى الأوراق الفلقية خضراء اللون لفترة طويلة (عن Resh ١٩٨٥).

برنامج التسميد للزراعات الأرضية

نُذكِّر – بداية – بكميات الأسمدة التي سبقت إضافتها في باطن مصاطب الزراعة أثناء إعداد التربة للزرعة. وهي كما يلي (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢ تقريبًا)

٥م٣ سمادا بلديًا. أو ٢,٥م٣ سماد أغنام أو خيول، أو ١م٣ زرق دواجن

٢٠ كجم نيتروجينًا (أي حوالى ١٠٠ كجم سلفات نشادر).

١٥ كجم P_2O_2 (أي حوالى ١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)

٢٥ كجم K_2O (أي حوالى ١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم).

٥ ٢ كجم MgO (أي حوالى ٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم).

٥٠ كجم كبريتًا زراعيًا.

أما برنامج التسميد التالى للزراعة فإنه يتعين أن يأخذ في الحسبان استمرار إمداد النباتات باحتياجاتها من جميع العناصر الضرورية – الكبرى والصغرى – مع مراعاة التوران فيما بينها، واختلاف حاجة النباتات من كل منها باختلاف مرحلة النمو النباتي.

توصي وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة وستصلاح الأراضي – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط. مع تخصيص يومين للتسميد بكل من نترات النشادر، وحامض الفوسفوريك، وسلفات البوتاسيوم، وسلفات المغنيسيوم معًا، ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم، ويترك اليوم الرابع دون تسميد، ثم تعاد الدورة . وهكذا حسب البرنامج التالى (في الأراضي الصحراوية).

السماد	كمية السماد بالجرام/م٣ من مياه الرى خلال شهور							
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه
نترات النشادر	٤٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٧٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠	٧٥	٧٥
نترات الكالسيوم	—	—	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

ومن الطبيعي أن كميات الأسمدة الكلية التي تضاف إلى كل صوبة تتوقف – تبعًا لهذا البرنامج – على كمية مياه الري المستعملة، وهي التي تتوقف على كل من مسامية التربة، ومرحلة النمو النباتي، ودرجة الحرارة السائدة. وقد سبق أن تناولنا موضوع الري بالشرح في الفصل السابع. وأوضحنا أن كمية مياه الري المستعملة يوميًا تكون في الأراضي الصحراوية حوالى ٠,١م٣ صوبة مساحتها ٥٤٠م٢ في بداية حياة النباتات (بعد الشتل مباشرة) تزداد تدريجيًا، إلى أن تصل إلى حوالى ٥م٣/صوبة وقت الذروة

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يجري حوالى منتصف شهر نوفمبر أو قبل ذلك بقليل، وتعد كميات الأسمدة الموضحة هي الحدود القصوى للتسميد بالعناصر الكبرى، وإذا لوحظت أعراض غير طبيعية ناشئة عن زيادة معدلات التسميد، فإن التسميد يمكن تقليله بزيادة عدد أيام الري بدون تسميد، أو بخفض كميات السماد المبينة/م٣ من مياه الري بنسبة معينة حسب الحالة، أو بتقصير فترة الري اليومية بالسماد مع إكمال الري بدون سماد.

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ونقدم – فيما يلي – برنامجًا آخر للتسميد التالي للشتل – في الأراضي الصحراوية – يعدّ وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها يعتمد التسميد في هذا البرنامج – كالعادة – على إضافة أسمدة العناصر الكبرى مع مياه الري بالتنقيط، مع الاعتماد على المصادر التالية لمختلف العناصر:

العنصر	(بجم)
النيتروجين	نترات النشادر بصورة أساسية
	اليوريا في بداية حياة النبات وفي الجو البارد، ولكن يفضل – عند استعمالها – أن يكون ذلك بالتبادل مع المصادر الآزوتية الأخرى
	سلفات النشادر: يكون استعمالها مع نترات النشادر واليوريا أو بالتبادل معهما
	حامض النيتريك يستعمل في إذابة سلفات البوتاسيوم
	نترات الكالسيوم: قد تستعمل عند الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم

العنصر	(بجم)
	فوسفات أحادى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
	فوسفات ثنائى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
الفوسفور	حامض الفوسفوريك هو المصدر المفضل للفوسفور لأجل خفض pH مياه الرى، والمساعدة على دوبان الأملاح المترسبة فى شبكة الرى
	فوسفات أحادى الأمونيوم
	فوسفات ثنائى الأمونيوم
البوتاسيوم	سلفات البوتاسيوم. يستعمل رائق السماد أو يذاب السماد بواسطة حامض النيتريك كما سبق بيانه فى الفصل السابع

وباستثناء سماد نترات الكالسيوم — الذى يجب أن يُسمد به منفردًا — فإن جميع الأسمدة الأخرى يمكن إضافتها مجتمعة. كذلك لا يجوز استعمال أملاح السلفات (الكبريتات) والفوسفات عند احتواء مياه الرى على تركيزات عالية — طبيعية — من الكالسيوم، ذلك لأن كايتون الكالسيوم يتفاعل مع الأنيونات الأخرى؛ ليكون أملاحًا غير ذائبة مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم)، وفوسفات ثلاثى الكالسيوم (عندما يكون pH مياه الرى أكثر من ٧٠)

يكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م²) كما يلى:

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) — عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) — حوالى ١٢٥ مل (سم³) — أى ملء نصف كوب ماء — من سماد بادئ يُحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) — غنى بكل من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور — فى الماء بنسبة ٠٫٢٪ (٢٠٠جم من السماد/ ١٠٠ لتر ماء)

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . فإننا نجد أن توزيع إضافة

العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون – أسبوعيًا، وعلى مدى خمسة شهور بعد الشتل – على النحو التالى:

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢
الخامس إلى السابع (الإزهار والعقد)	٣	٢,٠	١,٥	١,٥	٠,٢
الثامن إلى الثانى عشر	٥	٢,٥	١,٠	٢,٥	٠,٢٥
الثالث عشر إلى السادس عشر	٤	٢,٠	٠,٧٥	٢,٥	٠,٢٥
السابع عشر إلى العشرين	٤	١,٥	٠,٥	٢,٥	٠,٢
الحادى والعشرون إلى الثانى والعشرين	٢	—	—	—	—
إجمالى الكمية المضافة	—	٥٧	٣٢	٦٠	٦

تحسب كميات الأسمدة المطلوبة لكل أسبوع، وتتم إضافتها على مدى ٥–٦ أيام، مع تخصيص يوم واحد أو يومين غير متتابعين – أسبوعيًا – للرى فقط بدون إضافة أسمدة، بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور. وقد تُجزأ كميات الأسمدة بالتساوى على أيام التسميد وتضاف معًا – وهذا هو الإجراء المفضل – أو يخصص يومين لكل من: الأسمدة الآزوتية، والأسمدة الفوسفاتية، والأسمدة البوتاسية، مع إضافة سلفات المغنيسيوم مع أية مجموعة منها.

وإذا كان استعمال الأسمدة المركبة اقتصاديًا .. فإنه يمكن الاستعانة بها، مع خفض كميات الآزوت والبوتاسيوم التى تُعطاها النباتات إلى نحو ٦٠٪–٧٥٪ من الكميات الموصى بها، ذلك لأن النباتات تستفيد منها بكفاءة أعلى من الأسمدة التجارية البسيطة. وأما الكميات المخصصة من الفوسفور فإنها لا تُخفض، لأن كفاءة استفادة النباتات من حامض الفوسفوريك – الموصى به للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط – تكون عالية أصلاً.

وتحتاج الطماطم - بالإضافة إلى ما سبق بيانه من عناصر سمادية — إلى ما يلي:

١- الكبريت

تحصل عليه النباتات من الكبريت الزراعى المضاف قبل الزراعة، وكذلك من كل من: السوبر فوسفات العادى، وسلفات الأمونيوم، وسلفات البوتاسيوم.

٢- الكالسيوم:

تحصل النباتات على جزء كبير من احتياجاتها من الكالسيوم من سوبر فوسفات الكالسيوم المضافة قبل الزراعة، لكن يلزم — كذلك — التسميد بنترات الكالسيوم، أو برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، ولمدة ١٤ أسبوعًا على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢)

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم/أسبوع)
السابع إلى الثامن	٢	٠,٣
التاسع إلى العاشر	٢	٠,٤
الحادى عشر إلى الرابع عشر	٤	٠,٦
الخامس عشر إلى الثامن عشر	٤	٠,٤
التاسع عشر إلى العشرين	٢	٠,٣
المجموع	—	٦,٠

وبذا تحصل كل صوبة على نحو ٤٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ٦ كجم من النيتروجين)

لا تجب — أبدًا — إضافة نترات الكالسيوم مع أى من الأسمدة الأخرى، ولكن يخصص لإضافتها يومين غير متتابعين أسبوعيًا

٣- العناصر الدقيقة

تضاف العناصر الدقيقة بطريقة الرش - مرة واحدة أسبوعيًا — بمعدل ٥٠-١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر الدقيقة. تُذاب فى ٥٠-١٠٠ لتر ماء لكل صوبة. يستخدم المعدل

المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة مع تقدم نمو النباتات.

ويمكن إضافة العناصر الدقيقة مع مياه الرى بالتنقيط إذا كانت فى صورة مخلبية؛ لأن الصور غير المخلبية للعناصر الدقيقة (خاصة الحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز) يمكن أن تثبت فى الأراضى القلوية.

الزراعات اللاأرضية

تتضمن الزراعات اللاأرضية - كما أسلفنا - كلا من الزراعات المائية والزراعات التى تتطلب بيئات صلبة لنمو الجذور لا تدخل التربة ضمن مكوناتها. ونقدم تحت هذا العنوان بعض الأمور التى لم يسبق تناولها بالتفصيل - بالنسبة لمحصول الطماطم فى الفصول الخاصة بالزراعات اللاأرضية.

زراعات الصوف الصخرى

نظرًا لارتفاع أسعار الصوف الصخرى، مما يجعل إنتاج الطماطم محدودة العدد من العناقيد الزهرية على بلوكات الصوف الصخرى القياسية (٧,٥ × ٧,٥ × ٦,٣سم، و ١٠ × ١٠ × ٦,٣سم) أمرًا غير اقتصادى. فقد جُرِّب استخدام بلوكات صغيرة الحجم (٤ × ٤ × ٤سم، و ٥ × ٥ × ٤سم) وُضعت على مادة من الرايون بوليستر rayon polyster material، كانت - بدورها - مبطنة للبنشات. وقد تبين أن محصول الثمار لم يختلف بين بلوكات البوليستر القياسية والصغيرة. وفى وجود مادة الرايون بوليستر فإن جذور النباتات اخترقتها، وتكونت حصيرة mat من الجذور الكثيفة عليها، وازداد محصول النباتات جوهريًا مقارنة بالمحصول باستعمال البلوكات الصغيرة التى لم تستعمل معها مادة الرايون بوليستر، وذلك بسبب حدوث زيادة فى حجم الثمار وعددها. وعندما سُمح بتكوين عنقودين ثمريين بدلاً من عنقود واحد كان المحصول - عند استعمال بلوكات الصوف الصخرى الصغيرة - مع مادة الرايون بوليستر - أعلى بمقدار ٤٠٪ عما فى حالة السماح بتكوين عنقود زهرى واحد؛ بسبب زيادة عدد الثمار. على الرغم من أن الثمار كانت أصغر حجمًا. ولم يختلف المحصول جوهريًا

فى هذه الحالة عما كان فى حالة استعمال بلوكات الصوف الصخرى الكبيرة (Logendra وآخرون ٢٠٠١)

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

العناصر الكبرى

يتفق كثير من الباحثين على أن أنسب تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للطماطم فى المزارع المائية هو ٢٠٠ جزءً فى المليون ولكن تستعمل فى فلوريدا خمسة تركيزات من النيتروجين فى المحاليل المغذية، تبدأ بتركيز ٧٠ جزءًا فى المليون فى مراحل النمو الخضرى الأولى. وتزداد تدريجيًّا مع تقدم نمو وتطور النباتات، إلى أن يصل تركيز النيتروجين إلى ١٥٠ جزءا فى المليون أثناء مرحلة الإثمار الغزير ويفيد ذلك فى خفض معدلات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، الذى يصاحب — عادة — حالات النمو الخضرى المبكر الغزير، الذى قد يحدث نتيجة لزيادة امتصاص النباتات للنيتروجين فى مراحل نموها الأولى (عن Schon وآخرين ١٩٩٤).

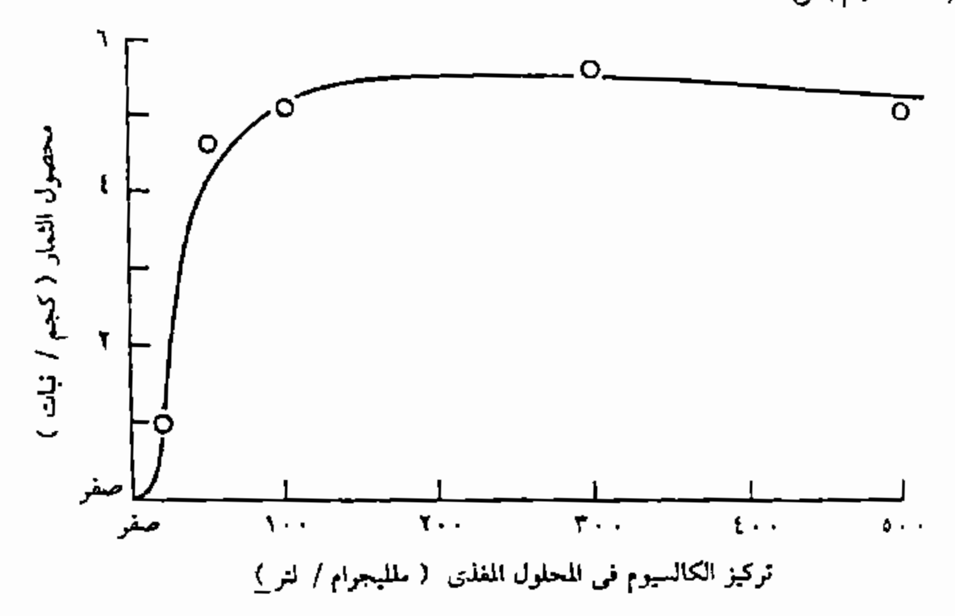
ويذكر Chi & Han (١٩٩٤) أنه بجعل تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ٤ مللى مكافئ/لتر (مقارنة بتركيزات ١ و ٢ و ٨ و ١٦ مللى مكافئ/لتر) أمكن تجنب النمو الخضرى الغزير دون التأثير على محصول الثمار

ويزداد محصول الطماطم تدريجيًّا بزيادة مستوى البوتاسيوم أو الكالسيوم فى المحلول المغذى، إلى أن يصل تركيز أى منهما إلى حوالى ١٢٥ جزءًا فى المليون. وتتوقف الزيادة فى المحصول بعد ذلك على زيادة تركيز أى منهما

ويتأثر نمو الطماطم — بشدة — بنقص الكالسيوم فى مراحل النمو الأولى، حيث تظهر الأعراض على الأوراق القمية وعلى الثمار الصغيرة فى خلال أسبوعين من التعرض لنقص العنصر وأكثر الثمار حساسية لنقص الكالسيوم هى التى يتراوح عمرها بين ٧ أيام و ١٠ أيام من العقد، حيث تكون أكثر تعرضًا للإصابة بتعفن الطرف الزهرى. ويزداد تأثر النباتات بنقص الكالسيوم فى ظروف الإضاءة القوية عنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة

ويؤدى نقص الكالسيوم فى مراحل النمو المبكرة إلى تأخير ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، بينما يؤدى نقصه فى مراحل النمو التالية إلى منع ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، أو خفض حدة أعراض نقصه التى قد تكون متواجدة بالفعل (Sonneveld & Voogt ١٩٩١).

ويوضح شكل (٩-٣) تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم، ويتبين منه زيادة المحصول بزيادة تركيز العنصر حتى ١٠٠ جزء فى المليون (١٠٠ مجم/لتر).



شكل (٩-٣): تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم (عن Adams ١٩٨٦).

العناصر الدقيقة

تؤثر العناصر الدقيقة تأثيرًا مباشرًا على محصول الطماطم. وتبدو هذه العلاقة واضحة بالنسبة لعنصر البورون فى جدول (٩-٥) الذى يبين تأثير تركيز البورون فى المحلول المغذى على عدد الثمار التى ينتجها النبات، والمحصول فى مزرعة رملية، كما يبين جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك — كل على

انفراد – على النمو الخضرى والمحصول. ويتضح من الجدول أن نقص أى من هذه العناصر يؤثر بشدة على نبات الطماطم وقد تراوح النقص فى المحصول بين ٥٦٥٪ فى حالة نقص الزنك، و ٩٥٩٪ فى حالة نقص النحاس (عن Adams ١٩٨٦)

جدول (٩-٥) تأثير تركيز البورون فى المحلول الكلى، وعدد الثمار التى ينتجها النبات فى مزرعة رملية

تركيز البورون فى المحلول المغذى (جزء فى المليون)	عدد الثمار التى ينتجها النبات	وزن الثمار/نبات (جم)
٠,٠٠٨	٢٠	١٧٨٦
٠,٠١٥	٢٨	١٩٩١
٠,٠٣٠	٣٦	٢٦٧٤
٠,٠٦٠	٥٠	٢٧٠٤
٠,٢٠٠	٥٨	٣٥٨٩

جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك – كل على انفراد – من المحلول المغذى على النمو الخضرى، والمحصول فى الطماطم

المحلول المغذى	طول النبات (سم)	الوزن الجاف للنبات (جم)	عدد الثمار/نبات	المحصول/نبات (جم)
يحتوى على جميع العناصر	٣٠٧	٣٣٩	٣٦	١٧٤٧
به نقص فى النحاس	١٦٣	٢٨	٢	٧٢
به نقص فى الحديد	١٧٢	٧٨	١٠	٤٠١
به نقص فى المنجنيز	١٧٩	٩٩	٨	٤٤٧
به نقص فى الزنك	٢٣٠	١٧٩	١٢	٧٦٠

تركيز أملاح العناصر المغذية وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

التركيز الكلى

نجد فى المزارع المائية المغلقة أن استمرار إعادة استعمال المحاليل المغذية يؤدى إلى

تراكم أيون الكبريتات، الأمر الذى قد يتسبب فى حالة من عدم التوازن الأيونى، مما قد يؤثر فى المحصول. ولدراسة تأثير تركيز أيون الكبريتات على الطماطم عُومل بأربعة تركيزات، هى: صفر، و ٥,٢ (الكنترول) و ١٠,٤، و ٢٠,٨ مللى مول/ لتر فى المحلول المغذى وقد وجد أن غياب أيون الكبريتات أدى إلى نقص الوزن الجاف للنباتات، ومعدل البناء الضوئى. والمحتوى الكلوروفيلى، والعدد الكلى للثمار، مقارنة بالكنترول، وذلك مع زيادة فى محتوى الأوراق من كل من الفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم، ولكن مع انخفاض فى محتواها من الكبريت. وبالمقارنة .. فإن أعلى تركيز من الكبريتات فى المحلول المغذى لم يؤثر فى الوزن الجاف للنباتات، أو فى معدل البناء الضوئى، أو كمية المحصول، أو جودة الثمار. ولكنه أدى إلى انخفاض محتوى الأوراق من كل من المغنيسيوم والكالسيوم والفوسفور. ويعنى ذلك أن نباتات الطماطم تأثرت سلبيًا بنقص الكبريتات، ولكنها تحملت زيادة تركيزه حتى ٢٠,٨ مللى مول/لتر فى المحلول المغذى دون أن تظهر عليها أى تأثيرات ضارة (Lopez وآخرون ١٩٩٦).

وارتبطت زيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى فى الطماطم سلبيًا بتركيز الفوسفور وإيجابيًا بتركيز كل من الكالسيوم والحديد والزنك فى النباتات وازداد محتوى النباتات من الحديد والمنجنيز وانخفض محتواها من النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم بزيادة تركيز الفوسفور فى المحلول المغذى أما زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى فقد صاحبتها زيادة فى تركيز كل من البوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور والزنك، وانخفاض فى تركيز كل من الكالسيوم والحديد بالنباتات وأدت المعاملة بالكالسيوم إلى زيادة محتوى النباتات من كل من الكالسيوم والنيتروجين، وانخفاض محتواها من كل من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والزنك والمنجنيز. ومع زيادة تركيز المغنيسيوم بالمحلول المغذى انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك، بينما لم يتأثر محتواها من كل من النيتروجين والفوسفور والمنجنيز وأما زيادة الحديد فقد تسببت فى خفض محتوى النباتات من كل من المغنيسيوم والزنك والمنجنيز. وبينما حدث تفاعل تداؤبى

synergism بين الزنك والحديد، فإن محتوى النباتات من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز لم يتأثر بمستوى الزنك فى المحلول المغذى كذلك لم يستجب محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد لزيادة تركيز المنجنيز بالمحلول المغذى، إلاّ أن محتوى النباتات من كل من النيتروجين والفوسفور انخفض فى المستويات العليا من المنجنيز فى المحلول المغذى (Gunes وآخرون ١٩٩٨)

وقد دُرس تأثير مستويات مختلفة من درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (EC) تراوحت بين ٣، و ٩ مللى سيمنز mS لكل سم على جودة ثمار الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى، مع استعمال كلوريد الصوديوم أو توافيق مختلفة من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والنيتروجين النتراتى والفوسفور والكبريتات كمصادر للملوحة أدت زيادة الملوحة فى منطقة نمو الجذور إلى زيادة تركيز المادة الجافة، والسكريات، والحموضة المعايرة، وحامض الأسكوربيك، والكاروتين الكلى فى ثمار الطماطم، وكان ذلك مستقلاً عن مصدر الملوحة، إلا إنه وجد باختبار للتذوق أن كلوريد الصوديوم حسن "حلاوة" ثمار الطماطم أكثر مما أثرت المصادر الأخرى للملوحة. وقد ازدادت صلابة الثمار بزيادة الملوحة (Peterson وآخرون ١٩٩٨).

كما وجد أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى لمزارع الطماطم من ١٥٠٠ ميكروسمينز/سم إلى درجة مناسبة للنمو المحصولى بإضافة كبريتات البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم لم تؤثر على محصول الثمار، ولكن المعاملة بكلوريد الصوديوم حسنت من pH الثمار؛ وبذا .. قد يُستفاد من تلك المعاملة فى تقليل كلفة المحاليل المغذية (التى تكون تركيزات العناصر فيها أقل مما فى المحاليل المغذية القياسية)، وفى تقليل التلوث البيئى بكل من النترات والفوسفات (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩)

وأدت زيادة معدل إضافة كبريتات البوتاسيوم لطماطم البيوت المحمية النامية فى

التربة إلى تقليل الإصابة بعيوب النضج الفسيولوجية وإلى خفض نسبة الثمار المجوفة، وزيادة حموضة عصير الثمار وصلابتها. وفى الطماطم النامية بتقنية الغشاء المغذى لم تؤثر مستويات كبريتات البوتاسيوم على محصول الثمار، إلا أن عدد الثمار ازداد بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم. كذلك ازدادت الكتلة البيولوجية للثمار وحموضة عصيرها بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩).

وقد دُرس تأثير زيادة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPF) من ٤٠٠ إلى ٦٢٥ ميكرمول μM/م[٢] فى الثانية، وكذلك استجابة نباتات الطماطم فى الزراعات المائية بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) – بزيادة تركيز العناصر به، وليس بإضافة كلوريد الصوديوم إليه – من ٢٥ ١ إلى ٧٥ ٨ ديسى سمينز/م وقد وجد أن زيادة الـ PPF حفزت من كل من نمو الطماطم ومعدل البناء الضوئى، إلا أن زيادة الـ EC قللت منهما. وتراوح النقص فى الوزن الجاف للنباتات بين ١,٩٪، و ٧,٣٪، وفى معدل البناء الضوئى لكامل النبات بين ١.٧٪، و ٤,٥٪ لكل زيادة فى الـ EC بمقدار وحدة واحدة، ولكن هذا النقص كان مرده إلى النقص فى المساحة الورقية، وليس لنقص فى نسبة المادة الجافة، أو لانخفاض فى معدل البناء الضوئى بوحدة المساحة من الأوراق (Schwarz وآخرون ٢٠٠٢).

كما دُرس تأثير المعاملة بتركيزات صفر (الكنترول)، و ٠,٥، و ١,٠، و ٢,٠ جزءًا فى المليون من السيلنيم selenium فى مزرعة مائية للطماطم ابتداء من مرحلة ازدياد حجم الثمار فى العنقود الأول. ووجد أن المعاملة بتركيز ٠,٥ أعطت أكبر وزن وعدد للثمار، بينما كانت أعلى نسبة للمادة الجافة وأعلى حموضة معايرة بثمار معاملة الكنترول. كما وجد اتجاه نحو زيادة صلابة الثمار بزيادة تركيز السيلنيم، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية بتركيز العنصر فى المحلول المغذى. وبالمقارنة انخفض محتوى السكريات الحرة بزيادة تركيز السيلنيم وقد ازداد محتوى الثمار من كل من السيلنيم والليكوبين بزيادة تركيز العنصر بالمحلول المغذى (Lee وآخرون ٢٠٠٧).

ووجد أنه فى حالة الرى تحت السطحى لنباتات الطماطم فى نظام مغلق للرى (مزارع أغوار) أن استعمال محلول مغذٍ ملحى (ماء مطر ذات درجة توصيل كهربائى مقدارها ٠٠٥ ديسى سيمنز/م مضافا إليه جرام واحد من كلوريد الصوديوم لكل لتر) يحتوى على ٧٠٪ فقط من العناصر المغذية الضرورية أن المحصول كان مساويًا لذلك الذى حُصل عليه فى نظام مفتوح للرى تحت السطحى مع استعمال محلول مغذٍ كامل، إلا أن استعمال محلول مغذٍ كامل (١٠٠٪) مع وجود الأملاح (١ جم كلوريد صوديوم/لتر) أدى إلى نقص المحصول (Montesano وآخرون ٢٠١٠).

النيتروجين ومصادره

فى محاولة لمقارنة دور التسميد باليوريا كمصدر عضوى للنيتروجين — بدور كل من النترات والأمونيوم كمصادر غير عضوية فى مزرعة مائية للطماطم، مع تثبيت تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى عند ١٦٨ مجمN/لتر، وجد أن الوزن الجاف الكلى للنباتات التى أعطيت يوريا + نترات كان أعلى جوهريًّا عما فى النباتات التى تلقت يوريا فقط. وكان مساويًا — تقريبًا — للوزن الجاف للنباتات التى أعطيت نترات فقط أو نترات + أمونيوم. وقد انخفض امتصاص النيتروجين واستخدامه بالنبات عندما كان النيتروجين فى صورة يوريا، مقارنة بما كان عليه الحال فى النباتات التى تلقت النيتروجين فى صورة نترات أو أمونيوم ولقد قُدِّر أن عدم الامتصاص والاستخدام الكافيين للنيتروجين كانا السببين الرئيسين المسئولين عن نقص نمو نباتات الطماطم التى أعطيت يوريا فقط. هذا إلا أن الجمع بين اليوريا والنترات يُعد مفيدًا للنمو النباتى الجيد دون إحداث خفض لامتصاص الكاتيونات، فى الوقت الذى يُحافظ فيه على ثبات pH المحول المغذى (Ikeda & Tan ١٩٩٨).

ودُرس تأثير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى على قراءة جهاز قياس الكلوروفيل (SPAD)، وعلاقة القراءة بكل من حالة النيتروجين فى النبات والتنبؤ بالمحصول فى الزراعة المحمية. وقد وجدت زيادة فى كل من المحصول

وقراءة الـ SPAD مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى حتى ٢٥٪، ثم حدث نقص فى كلتا الصفتين المقيستين مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى عن تلك الحدود. وقد ازداد تركيز النيتروجين فى أوراق الطماطم بزيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى، وازداد محصول الثمار بزيادة قراءة الـ SPAD. وأظهرت قياسات قراءة الـ SPAD، والنيتروجين الكلى بالأوراق، والوزن الطازج للنمو الخضرى، ومحصول الثمار استجابات تربيعية quadratic لزيادة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى حتى بلغت نسبته ٢٥٪ أو ٥٠٪ (Sandoval-Villa وآخرون ١٩٩٩).

وكان محصول ثمار الطماطم النامية فى مزرعة لاأرضية وسمدت بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين أقل بمقدار ٢٥٪ عن محصول تلك التى سمدت بالنترات فقط، بينما كان محصول النباتات التى حصلت على نترات وأمونيوم بنسبة ٤ : ١ أعلى بمقدار ٢٠٪ عن محصول النباتات التى سُمدت بالنترات فقط كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات HCO_3^- لبيئة الزراعة إلى تحفيز حمل الثمار، إلاّ أن النتيجة توقفت على نسبة النترات الأمونيوم؛ فقد أدت إضافة البيكربونات مع التسميد بالنترات فقط أو بالأمونيوم فقط إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٨٪، و ١١٪ — على التوالى — مقارنة بالمحصول فى حالة إضافة البيكربونات. كذلك أدى التسميد بالنترات والأمونيوم بنسب ٤ : ١ و ١ : ١ مع البيكربونات إلى زيادة المحصول بنسبة ١٦٪، و ١٠٪ — على التوالى — مقارنة بالمحصول فى حالة عدم إضافة البيكربونات وقد وجد أن التسميد بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين خفض تراكم السكريات المختزلة فى الثمار بنسبة ٢٠٪ مقارنة بتراكمها فى الثمار التى سمدت بالنترات كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة إلى زيادة تركيز السكريات فى الثمار بنسبة ٢٨٪ فى تلك التى سمدت بالنترات فقط، وبنسبة ١٠٪ فى تلك التى سمدت بالأمونيا فقط. وعلى الرغم من أن صورة النيتروجين المسمد بها لم تؤثر على محتوى الثمار من الحامضين الكربكسوليين الرئيسيين: حامض الماليك وحامض الستريك، فإن إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة أدت إلى زيادة تراكم الأحماض الكربوكسيلية بنسب تراوحت بين ٢٢٪، و ٣٠٪،

حسب صورة النيتروجين التى استعملت فى التسميد. أما الأحماض الأمينية . فقد ازداد تركيزها فى ثمار النباتات التى سُمدت بالأمونيوم، مقارنة بتركيزها فى حالة التسميد بالنترات. وكان هنك ارتباط بين تركيزها فى الثمر ومستوى الأمونيوم فى بيئة الزراعة وأحدثت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة زيادة فى تركيز الأحماض الأمينية فى الثمار بمقدار ٩٪ عندما كان التسميد بالنترات، و ٢١٪ عندما كان التسميد بالأمونيوم (Bialczyk وآخرون ٢٠٠٧).

وتتأثر شدة إصابة الطماطم بالذبابة البيضاء. وشدة تكاثرها عليها بكل من تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى. ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فيه، ففى دراسة أجريت حول هذا الموضوع كانت الإصابة بالذبابة أشد عندما كان تركيز النيتروجين ٢٠٥، أو ٣٣٥ جزءًا فى المليون، مقارنة بالإصابة عند تركيز ٧٥ جزءًا فى المليون. بينما انخفضت شدة الإصابة بزيادة نسبة النيتروجين النشادرى من ٢٥٪ إلى ٤٥٪ من النيتروجين الكلى (Zanic وآخرون ٢٠١١).

البوتاسيوم

أدت زيادة مستوى البوتاسيوم فى المحلول المغذى للطماطم إلى زيادة محتوى الثمار من مضادات الأكسدة (البيتا كاروتين والليكوبين) فى مرحلة النضج الأحمر التام، كما حدثت زيادة أقل عند زيادة المغنيسيوم، وكانت أقل القيم لمضادات الأكسدة عند زيادة الكالسيوم. وقد وجد ارتباط موجب بين محتوى الثمار من البوتاسيوم والليكوبين، وآخر سالب بين محتوى الثمار من الكالسيوم ومحتواها من الليكوبين (Fanasca وآخرون ٢٠٠٦)

الكالسيوم

أدى تباين مستوى الكالسيوم فى المحاليل المغذية بين ٠,٢، و ٢٠ مللى مول إلى ما يلى:

١- ماتت النباتات مبكرًا ولم تُثمر عند تركيز كالسيوم قدره ٠,٢ مللى مول.

٢- ظهرت إصابة بتعفن الطرف الزهرى وكانت البذور المتكونة فى الثمار العاقدة صغيرة ومشوهة وسوداء اللون عند مستوى كالسيوم قدره ٢,٥ مللى مول.

٣- ازداد تركيز الكالسيوم فى الثمار بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، وبلغ أقصاه (١٧ ديكاجرام dag كالسيوم/كيلوجرام من الثمار) عند تركيز كالسيوم قدره ١٩,٧٩ مللى مول.

٤- انخفض محتوى الثمار الكلى من الليكوبين والكاروتين بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، الأمر الذى ربما حدث بسبب نقص امتصاص البوتاسيوم فى المستويات العالية من الكالسيوم (Paiva وآخرون ١٩٩٨).

التركيز الكلى للأملاح وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

الاستجابة العامة لزيادة تركيز الأملاح

تؤدى زيادة تركيز الأملاح فى المحلول المغذى إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات، ونقص المحصول، وصغر حجم الثمار، دون أن تتأثر كمية المادة الجافة فى الثمرة الواحدة، فتزيد نسبة المادة الجافة فى الثمار تبعًا لذلك. ويستفيد بعض منتجى الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى nutrient film technique من هذه الظاهرة بزيادة تركيز المحلول المغذى كل مدة لتحسين نوعية الثمار بجعلها أصغر حجمًا (تبعًا لرغبات المستهلكين)، وأكثر احتواءً على المواد الصلبة الذائبة (عن Ehert & HO ١٩٨٦).

ويحدث هذا التأثير سواء أكانت الزيادة فى تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مردها إلى محتوى الماء المرتفع من كلوريد الصوديوم، أم إلى زيادة تركيز الأملاح السمادية فى المحلول المستخدم فمثلاً . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) نقصًا جوهريًا فى محصول الطماطم ونموها الخضرى والثمرى بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى، وكان التأثير أكبر مع زيادة تركيز الملح، علمًا بأن التركيزات المستخدمة كانت: ٤ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ ملليمول كلوريد صوديوم/لتر.

ويبدو أن زيادة تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية — بإضافة كلوريد الصوديوم إليها

حتى تصل درجة توصيل الكهربائى إلى ٥,٥ ملليموز/سم — ليست لها تأثيرات سلبيه على محصول الطماطم فى الوقت الذى تؤدى فيه إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. لكن مع التأثير سلبيًا على محتواه من الكالسيوم وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار عندما زيد تركيز الأملاح ليلاً. بينما لم تكن لزيادة تركيز الأملاح نهارًا تأثير مماثل. ومرد ذلك إلى أن نسبة الكالسيوم الممتص — التى تنتقل إلى الثمار — تكون أعلى ليلاً منها نهارًا.

ويذكر Adams (١٩٩٣) ازدياد حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند زيادة التركيز الكلى للعناصر المغذية عما فى حالة زيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم منفردًا

وقد وجد Adams & Ho (١٩٨٩) أن زيادة تركيز الأملاح بزيادة أى من العناصر المغذية (البوتاسيوم، أو المغنيسيوم، أو النيتروجين النتراتى)، أو كلوريد الصوديوم أحدثت تأثيرات متشابهة، فكان المحصول دائمًا منخفضًا عندما كانت درجة التوصيل الكهربائى ثابتة عند ٨ ملليموز/سم وكان مرد ذلك إلى نقص وزن الثمرة خلال الأربعة أسابيع الأولى من الحصاد. وإلى نقص عدد الثمار — أيضًا — بعد ذلك. وكان لتبادل استعمال محاليل ملحية بتركيزات مرتفعة (٨ ملليموز/سم) نهارًا، ومنخفضة (٣ ملليموز/سم) ليلاً تأثيرات سلبية على النباتات أكثر وضوحًا من تأثير استعمال محلول ملحى واحد بتركيز متوسط (٥,٥ ملليموز/سم).

كما قارن Adams (١٩٩١) تأثيرات مستويات ملوحة ٣، و ٨، و ١٢ ملليموز/سم فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى (حيث زيدت الملوحة فى التركيزات العالية، إما بزيادة تركيز العناصر المغذية. وإما بإضافة كلوريد الصوديوم)، ووجد أن زيادة الملوحة قد صاحبها نقص متزايد فى المحصول، ولكن مع زيادة مقابلة فى نسبة الثمار العالية الجودة. وكانت استجابة الطماطم متماثلة لمصدرى الأملاح عند مستوى ملوحة ٨ ملليموز/سم ولكن عند مستوى ملوحة ١٢ ملليموز/سم كان استعمال العناصر

المغذية في الوصول إلى هذا المستوى من الملوحة أشد تأثيرًا على إنقاص وزن الثمرة وخفض وزنها الجاف ومحتواها من السكر عما كان لاستعمال كلوريد الصوديوم. كذلك ازدادت حموضة عصير الثمار ومحتوى الثمار الكلي من الأحماض عند مستوى الملوحة ٨، و ١٢ ملليموز/سم، ولكن التأثير كان أوضح عند استعمال العناصر المغذية لأجل الوصول إلى هذه المستويات العالية من الملوحة في المحاليل المغذية مقارنة باستعمال كلوريد الصوديوم

كما وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى من نصف التركيز القياسي إلى التركيز القياسي، وإلى ضعف التركيز القياسي (كان التوصيل الكهربائي للمحاليل المستعملة ١٢، و ٢٤، و ٤٠ ملليموز/سم على التوالي، علمًا بأن تركيز الأيونات في المحلول القياسي بالمللي مكافئ/لتر كانت كما يلي: NO_3 ١٦، و NH_4 ١,٣، و P ٤، و K ٨، و Ca ٨، و Mg ٤) أدت إلى زيادة معدل تشقق ثمار الطماطم الكريزية، مع نقص وزن الثمرة ونقص الجهد المائي للأوراق والثمار، وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في الثمار (Ohta وآخرون ١٩٩٣ و ١٩٩٤).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى إلى نقص محتوى الأوراق والثمار من البوتاسيوم وإلى نقص محتوى الثمارمن كل من الكالسيوم والمغنيسيوم (Adams ١٩٨٦).

ويمكن — بزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول المغذى — تقليل الآثار الضارة التي تحدثها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فيها. فمثلاً .. أحدث وجود ملح كلوريد الصوديوم في المحلول المغذى بتركيز ٥٠ مللي مول نقصًا جوهريًا في كل من ذبول النبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلي للنبات، ولكنه أحدث — كذلك — زيادة في عدد الثمار/نبات، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. وأدت إضافة نترات البوتاسيوم — إلى هذا المحلول المغذى الملحى — بتركيز ٤ أو ٨ مللي مول إلى إحداث تحسن جوهرى في طول الساق، ونسبة عقد الثمار، وعدد الثمار/نبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلي للنبات، دون التأثير على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة

التى أحدثتها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Satti & Lopez ١٩٩٤). كما أدت إضافة البوتاسيوم أو الكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بنسبة ٣٠٠٪ إلى ٧٠٠٪ فى مختلف أصناف الطماطم. وأحدثت إضافة البوتاسيوم تحسنا واضحًا فى نمو وتطور النباتات. كذلك أحدثت إضافة الكالسيوم تحسنًا مماثلاً، ولكن بدرجة أقل مما فى حالة البوتاسيوم (عن Satti وآخرين ١٩٩٤).

ونجد فى نظم الزراعات المائية المغلقة — مثل تقنية الغشاء المغذى — أن النباتات تستبعد — بكفاءة — امتصاص أيون الصوديوم، مما قد يسبب تراكمًا فى بيئة الجذور. وهذه الملوحة الزائدة يمكن أن تثبط النمو النباتى بزيادتها للضغط الأسموزى الخارجى حول الجذور، مما يعرضها لشدٍ مائى، وكذلك فإن الملوحة الزائدة قد تحدث تسممًا أيونيًا، أو عدم توازن أيونى ولقد أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بمزارع تقنية الغشاء المغذى من صفر إلى ٢٠٠ جزء فى المليون إلى إنتاج ثمار صغيرة، مع ازدياد هذا التأثير بزيادة تركيز الملح. ومن ناحية أخرى .. أدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى من ٢٥٠٠ إلى ٥٢٠٠ ميكروسيمنز/سم — بإضافة ١٫٢١ جم كلوريد صوديم إلى كل لتر من المحلول المغذى — أدت إلى تحسين نوعية ثمار الطماطم والخيار والفلفل الحلو، مع زيادة القدرة التخزينية لتلك الثمار وحموضتها، ولكن مع زيادة فى نسبة ثمار الطماطم والفلفل التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (عن Papadopoulos وآخرين ١٩٩٩).

ووجد أن زيادة الملوحة تؤدى إلى نقص فى نمو النباتات ومحصول ثمار الطماطم، وانخفاض فى كمية المادة الجافة التى تصل إلى الثمار، وفى حجم الثمار، ولكنها تزيد من تركيز المادة الجافة بالثمار، وهى تزيد — كذلك — من حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وتؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم وضعف انتقاله للثمار من خلال نسيج الخشب (Van Ieperem وآخرون ١٩٩٦).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC فى مزرعة مائية مغلقة بين ١٫٠، و ٩٫٠

ديسي سيمنز dS/م إلى ضعف نمو نباتات الطماطم وانخفاض محصولها وعند EC مقدارها ٦,٠ dS/م انخفض المحصول بمقدار ٥٠٪ مقارنة بالمحصول الذى حُصل عليه عند EC ١,٠ dS/م. هذا إلا أن محتوى الثمار من المادة الجافة ازداد بزيادة الـ EC. كذلك انخفض امتصاص النباتات للماء بزيادة الـ EC. وعند EC ٩,٠ dS/م انخفض امتصاص الماء إلى ٦٠٪ من الامتصاص عند EC ١,٠ dS/م، وكان مرد هذا النقص الأخير — أساسًا — إلى حدوث نقص فى المساحة الورقية، وهى التى كانت عند EC ٩,٠ dS/م أقل بمقدار ٢٠٪ عما فى النباتات التى تعرضت لـ EC ١,٠ dS/م (Schwarz & Kuchenbuch ١٩٩٨).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى بمقدار ٤٠٪ أكثر من EC المحلول القياسى، أى حتى ٤,٦ مللى سيمنز mS/سم إلى تحسين جودة ثمار الطماطم دون حدوث فقد فى المحصول. ولم يختلف الأمر عند زيادة الـ EC بزيادة تركيز العناصر الكبرى، أم باستعمال كلوريد الصوديوم، أم باستعمال مخلوط من كلوريد الصوديوم مع كلوريد البوتاسيوم. لذا .. فإن زيادة EC المحلول المغذى بنسبة ٤٠٪ باستعمال كلوريد الصوديوم قد تعد طريقة عملية لتحسين جودة الثمار (Hao وآخرون ٢٠٠٠).

كما وجد أن محصول الطماطم الصالح للتسويق انخفض بمقدار ٥,١٪ مقابل كل زيادة فى درجة التوصيل الكهربائى بمقدار وحدة واحدة تزيد عن ٢,٠ ديسى سمينز dS/م حتى ٩٠ dS/م. وفى الوقت الذى لم يتأثر فيه عدد الثمار بدرجة التوصيل الكهربائى، فإن الانخفاض فى المحصول كان مرده إلى النقص فى وزن الثمرة والذى بلغ ٣,٨٪ مع كل زيادة بمقدار وحدة EC. وقد أمكن الحد من تلك الانخفاضات فى المحصول بتغيير بيئة النمو كى تصبح أقل دفعًا للنبات على النتح (Li وآخرون ٢٠٠١).

وعندما زرعت نباتات الطماطم فى مزرعة مائية بطريقة قسمت فيها جذور كل نبات لتنمو فى محلولين مغذيين مختلفين أو متشابهين فى درجة توصيلهما الكهربائى حتى ٦

ديسى سيمنز/م وجد أن تقسيم المجموع الجذرى بين محلولين أحدهما ذات درجة EC قدرها ٦ والآخر ذات درجة EC شديدة الانخفاض أعطى محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة استعمال محلول ذات EC قدره ٣ مع كلا المجموعين الجذريين، وهى المعاملة التى أعطت — بدورها — محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة نمو كلا المجموعين الجذريين فى محلول ذات EC قدره ٦ ديسى سيمنز/م، وقد كان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نسبة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى من ١٢٪ فى المعاملة الأولى إلى ٨٨٪ فى المعاملة الأخيرة (Tabatabaei وآخرون ٢٠٠٤).

وأدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى مزرعة مائية للطماطم إلى ٦٠ مللى مول إلى خفض المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق، الأمر الذى كان مرده — أساسًا إلى نقص حجم الثمار كما أدت المعاملة بالأمونيوم إلى إعطاء أقل محصول، الأمر الذى كان مرده إلى كل من نقص حجم الثمار، وزيادة تلك التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (Navvarro وآخرون ٢٠٠٥).

كذلك أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية لمزرعة طماطم مائية إلى ٥ ديسى سمينز/م، مقارنة بـ ١٤ ديسى سمينز/م فى الكنترول إلى زيادة حلاوة الثمار، وحموضتها، وجودة طعمها، وقبولها العام، وذلك فى اختبارات التذوق. وازداد فى ثمار النباتات التى تعرضت للملوحة العالية تركيز الهكسوز جوهريًّا، وكذلك تركيز الأحماض العضوية والأمينية، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول. وقد تأثر قبول المستهلك للطماطم ليس فقط بتركيز السكر، ولكن كذلك بتركيز الأحماض العضوية والأمينية (Sato وآخرون ٢٠٠٦).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بالتحكم فى الرطوبة النسبية

دُرس تأثير رى الطماطم بصفر أو ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم مضاف إلى لمحلول المغذى، مع نمو النباتات إما تحت ظروف الصوبة الطبيعية (فى مالاجا Málaga فى إسبانيا)، وإما مع المعاملة برذاذ دقيق كل ٨ دقائق أثناء النهار وقد وجد أن التضبيب

بالرذاذ فى منتصف النهار أحدث خفضًا فى الفرق فى ضغط بخار الماء مقداره ١–١,٥ كيلو باسكال، وخفضًا فى حرارة هواء الصوبة قدره ٥–٧ درجات. وقلل الرذاذ امتصاص الجذور للماء من بيئة الزراعة بنحو ٤٠٪ فى النباتات غير المعاملة باللوحة، وبنحو ١٥٪ فى ظروف الملوحة العالية. وكان محتوى الأوراق من الصوديوم أقل فى النباتات المعاملة بالتضبيب والملوحة عما فى تلك التى لم تعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. كذلك قل الشدُّ المائى للأوراق وازداد امتلاءها مع التضبيب فى منتصف النهار فى كل من النباتات المعاملة وغير المعاملة بالملوحة. وكانت درجة توصيل الثغور وصافى معدل تمثيل ثانى أكسيد الكربون فى النباتات المعاملة بالتضبيب والملوحة أعلى بمقدار ثلاثة وأربعة أضعاف — على التوالى — مقارنة بتلك القيم فى النباتات التى لم تُعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. وقد ازدادت كفاءة استخدام المياه فى النباتات التى عوملت بالتضبيب بمقدار ٨٤٪–١٠٠٪، وذلك كما قدر من نسبة كفاءة تمثل ثانى أكسيد الكربون إلى النتح. وفى النباتات التى لم تُعامل بالملوحة ولكن عوملت بالتضبيب ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٣٨٪، والمادة الجافة ١٠٪، والمحصول ١٨٪ مقارنة بالوضع فى النباتات التى لم تعامل بالتضبيب أما النباتات التى عوملت بالملوحة والتضبيب فقد ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٥٠٪، والمادة الجافة ٨٠٪، والمحصول ١٠٠٪. وقد أفاد تضبيب الصوبة فى توفير إجمالى الماء المستعمل بمقدار ٣١ لتر/نبات فى الظروف غير الملحية، وفى زيادة المحصول وحجم الثمار أيًا كانت حالة الملوحة (Romero-Aranda وآخرون ٢٠٠٢).

وأمكن الحد من أضرار الملوحة العالية (٨٠ مللى مول كلوريد صوديوم) على نمو أحد أصناف الطماطم الحساسة (نعومى Naomi) بزيادة الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪، وذلك مقارنة بما حدث فى رطوبة ٣٠٪ (An وآخرون ٢٠٠٥).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها بين الليل والنهار

دُرس تأثير مستويات مختلفة من ملوحة المحلول المغذى نهارًا وليلاً — فى تقنية الغشاء المغذى — على نمو ومحصول وجودة ثمار الطماطم. وكانت المعاملات هى

مستويات EC للمحلول لمدى (نهارًا/ليلا)، كما يلي ٥/٥، و ٩/٩، و ٩/١، و ١/٩ ديسي سيمنز/م. ووجد ما يلي.

١- تأثر محصول الثمار بوضوح بمعاملة الملوحة، فقد ازداد المحصول كثيرًا في معاملة ملوحة ٩/١، وانخفض في معاملة ١/٩، وكان الانخفاض في المحصول أشد في ٩/٩

٢- كان مرد الانخفاض في المحصول – أساسًا إلى اختلافات في متوسط وزن الثمرة، فيما عدا في معاملة ٩/٩، وهي التي انخفض فيها عدد الثمار – كذلك – بعد ١٢ أسبوعا من المعاملة

٣- باعتبار الثمر غير الناضجة التي يحملها النبات، فإن عدد الثمار انخفض في معاملة ١/٩. وازداد قليلاً في معاملة ٩/١، مقارنة بالعدد في معاملة ٥/٥ كان مرد تلك الاختلافات في عدد الثمار إلى وجود تباينات بين المعاملات في تطور النمو النباتي. واختلافات فيما بينها في عقد الثمار وفي فشل الثمار العاقدة في إكمال نموها

٤- قبل وصول النباتات إلى بدية مرحلة الحصاد انخفض النمو الخضري لنباتات الطماطم الصغيرة في معاملة ٩/٩، وانخفض بدرجة أقل في ١/٩، مقارنة بالنمو في معاملة ٥/٥. ولكن النمو لم يتأثر بمعاملة ٩/١.

٥- حُصل على نتائج مماثلة فيما يتعلق بالمساحة الورقية.

٦- لم يتأثر تطور النمو وتوزيع المادة الجافة في النباتات بمعاملات الملوحة.

٧- بعد ١٢ أسبوعًا من الحصاد كانت الاستجابة للمعاملات كما حدث قبل ذلك، وذلك بالنسبة لمعدل النمو والمساحة الورقية

٨- انخفض عدد العناقيد الثمرية في معاملة ٩/٩، و ١/٩.

٩- كان توزيع المادة الجافة في معاملتي ٩/٩، و ١/٩ في صالح توجهها نحو الجذور على حساب ما وصل منها للأوراق.

١٠- ازداد اتجاه توزيع المادة الجافة نحو الثمار في معاملة ٩/١، وانخفض في ٩/٩. وذلك مقارنة بالوضع في ٥/٥

١١- تأثرت جودة الثمار كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث ازدادت نسبة المادة الجافة

فى الثمار فى معاملة ٩/٩، وانخفضت قليلاً فى معاملة ٩/١، مقارنة بالوضع فى ٥/٥؛ بينما كانت النسبة فى ١/٩ وسطًا بين ٥/٥، و ٩/٩.

١٢– حدثت تغيرات فى الوزن الجاف للثمار كانت مشابهة فى الاتجاه للتغيرات فى الوزن الطازج للنباتات. ولكنها كانت أقل وضوحًا.

١٣– تأثرت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث اختفت الإصابة تقريبًا فى معاملة ٩/١، بينما ازدادت فى كل من معاملتى ١/٩، و ٩/٩ مقارنة بالإصابة فى ٥/٥ (Van Ieperen ١٩٩٦).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى ليلاً، مع بقاءها عادية نهارًا إلى زيادة قوة نمو نباتات الطماطم الصغيرة، ومن المحتمل أن يكون ذلك النظام مفيدًا – كذلك – فى مرحلة الإثمار. فمن المحتمل أن انخفاض الملوحة نهارًا – حينما يكون النتح عاليًا – يُحسِّن من وضع النبات المائى – ومن ثم معدل نموه – بالتأثير فى إنتاج المادة الجافة ومعدل زيادة الخلايا فى الحجم – ولذا .. فمن المحتمل أن هذا النظام يزيد من زيادة الثمار فى الحجم، دون أن يكون له – غالبًا – تأثيرات سلبية بالنسبة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ ذلك لأن انخفاض الملوحة نهارًا يحفز امتصاص الجذور للكالسيوم. فبسبب ضَعْف الجهد المائى السلبى فى نسيج الخشب، ينتقل الكالسيوم عن طريق الخشب إلى الثمار. ومن ناحية أخرى .. فإن التأثير السلبى لهذا النظام (ارتفاع ملوحة المحلول المغذى ليلاً وبقاءه عاديًا نهارًا) على نسبة المادة الجافة بالثمار يكون أمرًا متوقعًا. هذا إلا أن ذلك التأثير السلبى ربما يكون صغيرًا إذ يقابله تحفيز لإنتاج المادة الجافة نهارًا، وانخفاض فى زيادة الخلايا ليلاً (عن Van Ieperen ١٩٩٦).

وبالتحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى لنباتات الطماطم (EC) بين ٢، و ٨ مللى سيمنز/سم، مع تباينه بين الليل والنهار، أو تماثله على امتداد اليوم، وجد أن خفض الـ EC إلى مستوى منخفض نهارًا، ورفعه ليلاً أظهر إمكانية لتحسين جودة ثمار الطماطم على صورة زيادة فى وزنها الجاف ومحتواها من السكر وحموضتها

وفي قدرتها على التخزين، وذلك مع أقل نقص في الإنتاج، وهو الذى تمثل — عند زيادة الـ EC نهارًا أو طوال اليوم — فى صور انخفاض فى متوسط وزن الثمرة، وفى محتواها من الكالسيوم، مع زيادة في معدل إصابتها بتعفن الطرف الزهرى (Nederhoff ١٩٩٩).

وأدى رفع EC المحلول المغذى ليلاً (٦ ديسى سيمنز/م) وجعله عاديًا نهارًا فى المزارع المائية للطماطم إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بالثمار، دون التأثير على محصول الثمار. وذلك مقارنة بالوضع عند استعمال محلول مغذٍ ذات EC عادى ليلا ونهارا (Santamaria وآخرون ٢٠٠٤)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها فى مراحل النمو النباتى

استخدم فى إنتاج الطماطم فى مزرعة بتقنية الغشاء المغذى محلولاً مغذيًا بدرجة توصيل كهربائى ١٫٨ أو ٣٫٠ ديسى سيمنز/م، وأضيف كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى المنخفض التركيز لتصبح درجة توصيله الكهربائى إما متدرجة إلى ٢٫٤ ديسى سيمنز/م بعد ٣٠ يومًا، ثم إلى ٣٫٠ ديسى سيمنز/م بعد ٦٠ يومًا من الشتل، وإما لتصبح ٣٫٠ ديسى سيمنز/م من بداية وقت الشتل، أو ترك دون زيادة عند تركيزه الأصلى ١٫٨ ديسى سيمنز/م. أدت الزيادة التدريجية فى كلوريد الصوديوم إلى تحسين النمو الجذرى والخضرى، ولكن مع نقص فى المحصول، إلا أن هذا النقص تلاشى عند استعمال كلوريد الصوديوم ليصل EC المحلول المغذى المنخفض التركيز إلى ٣٫٠ ديسى سيمنز/م منذ بداية الشتل، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى محتوى الثمار من السكر، مع زيادة فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ونقص فى امتصاص بعض الكاتيونات، ومنها البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم (Hohjo وآخرون ٢٠٠١).

وقد استعادت نباتات الطماطم التى رويت بماء (محلول مغذى) ملحى ذات درجة توصيل كهربائى قدره ٩ ديسى سيمنز/م ..استعادت نموها الطبيعى الخضرى والثمرى فى خلال ثمانية أسابيع من ريها بمحلول مغذى عادى ذات درجة توصيل قدرها ٢

ديسى سيمنز/م. إلا أن الثمار التى كانت فى مرحلة متقدمة من التكوين عند بداية الرى بالمحلول الأخير ظلت على ما هى عليه، كما ازدادت فيها نسبة الإصابة بالتشقق (Li وآخرون ٢٠٠٢).

دُرس تأثير درجة توصيل كهربائى EC للمحلول المغذى — فى مزرعة مائية للطماطم — مقدارها ٤,٥ ديسى سيمنز/م — بدأت المعاملة بها إما بعد تفتح الأزهار مباشرة، وإما بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار — مع EC للمحلول المغذى مقدارها ٢ ٣ dS/م على مكونات الجودة بثمار الطماطم. ووجد أن كلا من معاملتى الـ EC المرتفعة تسببتا فى زيادة تركيز كلا من الليكوبين والفراكتوز والجلوكوز والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار الحمراء، مقارنة بتركيزات تلك المكونات فى حالة معاملة الـ EC المنخفضة. تراوحت الزيادة فى تركيز الليكوبين بين ٣٠٪، و ٤٠٪ (١,٢٩-١,٣٩ مجم/جم مادة جافة) فى معاملة الـ EC العالى، مقارنة بتركيز ٠,٩٩ مجم/جم فى معاملة الـ EC المنخفضة، هذا إلا إنه لم يظهر فرق جوهرى فى تركيز الليكوبين بين معاملتى الـ EC المرتفعتين. وبالمقارنة .. فإن محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار الطماطم الحمراء الناضجة بلغت فى معاملة الـ EC العالية المبكرة (التى أعطيت بعد تفتح الأزهار مباشرة) ٦,١٪، وكانت أعلى جوهريًا فى الثمار المماثلة لمعاملة الـ EC العالية المتأخرة (التى أعطيت بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار) والتى كانت ٥,٧٪. وأما تركيز الكلوروفيل بالثمار فإنه لم يتأثر بمعاملات الـ EC وانخفض خطيًا أثناء نمو ونضج الثمار إلى أن وصل إلى مستويات يصعب تقديرها بعد سبعة أسابيع من تفتح الزهرة. ويُستفاد من هذه الدراسة أن الارتفاع فى محتوى الثمار من السكريات والمواد الصلبة الذائبة الكلية كان مرده إلى انخفاض تدفق الماء إلى الثمار، وأن تمثيل الليكوبين ازداد فى ظروف الشدّ الملحى، بينما لم يتأثر تحلل الكلوروفيل بذلك الشدّ (Wu & Kubota ٢٠٠٨).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بخف الثمار

دُرس تأثير ملوحة بيئة نمو الجذور (EC قدره ٢,٥ أو ٨ ديسى سيمنز/م)، وخف الثمار

(٣ أو ٦ ثمار بالعنقود) على جودة ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية، ووجد ما يلى:

١- تحسنت جودة الثمار فى الـ EC العالى، الذى أدى إلى زيادة كل من محتواها من المادة الجافة، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من الجلوكوز والفراكتوز. وحامض الستريك والليكوبين والبيتاكاروتين، إلاّ أن تراكم مختلف المركبات المؤثرة فى جودة الثمار اختلف بين العنقودين الخامس والعاشر. وعلى وجه الخصوص انخفض محتوى الليكوبين، بينما ازداد محتوى البيتا كاروتين فى العنقود العاشر عما فى العنقود الخامس، وربما حدث ذلك بسبب الحرارة العالية التى واكبت نضج ثمار العنقود العاشر.

٢- أدى خف ثمار العنقود إلى زيادة وزن الثمرة بنسبة ٤٢٪ والتأثير إيجابيًّا على محتوى المادة الجافة والنشاط الكلى لمضادات الأكسدة، بينما كان له تأثير سلبى على محتوى الثمار من كل من الليكوبين وحامض الستريك.

٣- كان لكل من الـ EC وخف الثمار تأثيرًا قويًا على حجم الثمار

٤- كان للـ EC تأثيرًا أقوى من تأثير الخف على المذاق وصفات الجودة ذات العلاقة بصحة الإنسان.

٥- وجد تفاعل صغير بين الـ EC والخف فى التأثير على كمية المحصول الصالح للتسويق، ومحتوى الثمار من كل من الفراكتوز والجلوكوز، وصلابتها، وتركيز الفوسفور والكالسيوم فيها (Fanasca وآخرون ٢٠٠٧)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية فى إنتاج طماطم العنقود الواحد

يمكن فى حالة إنتاج طماطم العنقود الواحد إخضاع النباتات فى مرحلة نمو هذا العنقود لمعاملة الشدّ الملحى (بهدف زيادة جودة الثمار)، دون أى اهتمام بما قد يكون لهذه المعاملة من تأثيرات ضارة على العناقيد التالية وقد دُرس تأثير تعريض النباتات النامية فى مزارع مائية لمحاليل مغذية بدرجة توصيل كهربائى مقدارها ٥٠ أو ٨،٠ دبسى سيمنز/م فى مرحلتين لنضج الثمار، هما الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين،

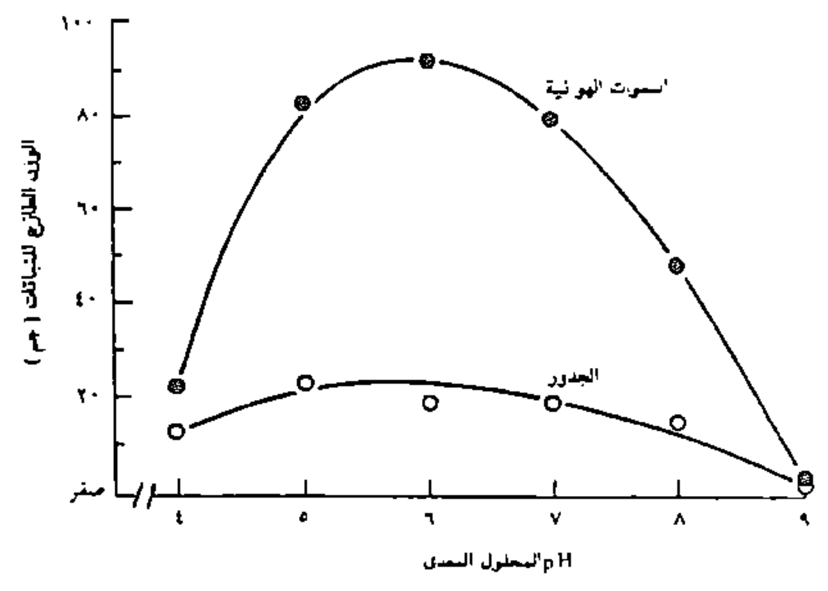
والثمار التى فى مرحلة التحول، وذلك بإضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى الذى تبلغ درجة توصيله الكهربائى ابتداءً ٢,٤ ديسى سيمنز/م. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسَّنت من جودة الثمار عما فى حالة المعاملة فى مرحلة التحول، ولكنها قللت محصول الثمار بدرجة أكبر. وكان النقص فى محصول الثمار مرده إلى النقص فى وزن الثمرة، وليس فى أعداد الثمار. وأدت الملوحة إلى زيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، والبوتاسيوم. وكلوروفيل أ. وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين فى الثمار، ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات بالثمرة الواحدة انخفضت أو لم تتأثر. ويستدل من تلك النتائج أن التحسن فى جودة الثمار — جراء زيادة الملوحة — مرده إلى خفض وصول الماء للثمار (Sakomoto وآخرون ١٩٩٩أ).

كذلك دُرس تأثير زيادة درجة ملوحة المحلول المغذى ذات الـ EC ٢,٤ ديسى سيمنز dS/م إلى ٥,٠ أو ٨٠ ديسى سيمنز/م بإضافة كلوريد الصوديوم — وذلك خلال مرحلتين للنضج. هما: مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ومرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين — على جودة ثمار الطماطم ذات العنقود الواحد single-truss tomato فى مزرعة مائية. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسّن جودة الثمار أكثر من تأثير زيادتها فى مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ولكن صَاحَبَ ذلك نقصًا أكبر فى المحصول (بنحو ٥٠٪–٦٠٪). وكان النقص فى المحصول مرده إلى النقص فى وزن الثمرة وليس فى أعداد الثمار. هذا إلاّ أن الوزن الجاف للثمرة لم يتأثر تأثرًا يذكر بالملوحة، ولكن ازدادت فى الثمار نسبة المادة الجافة. وأدت زيادة الملوحة إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، وكذلك نسبة كل من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين بالثمار. ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات إما أنها نقصت، وإما أنه لم تتأثر. ويعنى ذلك أن التحسن الذى يطرأ على جودة الثمار جراء زيادة الملوحة يكون مرده إلى نقص وصول الماء إلى الثمار، كما يعنى زيادة تأثير كلا من مستويى الملوحة فى المرحلة

المبكرة لتكوين الثمر وهى خضراء غير مكتملة التكوين — وعدم حساسية الثمار الحمراء لزيادة الملوحة (Sakamoto وآخرون ١٩٩٩ب)

رقم الحموضة (الـ pH)

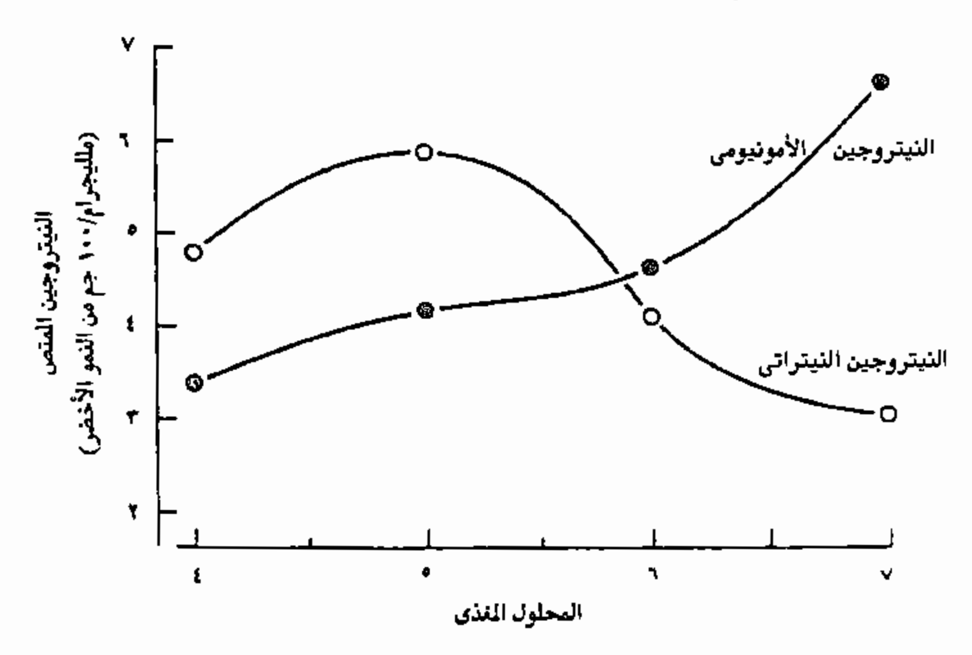
يؤثر pH المحلول المغذى تأثيرًا مباشرًا على نبات الطماطم، بينما يتأثر النمو الخضرى بدرجة أكبر بكثير من النمو الجذرى، وتبدو هذه العلاقة واضحة فى شكل (٩-٤) ويتراوح أفضل pH لنبات الطماطم بين ٥,٥، و ٦,٥؛ كما يؤدى ارتفاع أو نقص الـ pH عن ذلك إلى تدهور كبير فى النمو النباتى



شكل (٩-٤) تأثير pH المحلول المغذى على النمو الخضرى والجذرى لنبات الطماطم

كما يؤثر pH المحلول المغذى أيضًا على امتصاص النيتروجين فى صورتيه النتراتية، والأمونيومية (شكل ٩-٥). فبينما تزداد كمية النيتروجين الأمونيومية التى يمتصها نبات الطماطم بزيادة pH المحلول المغذى تدريجيًا من ٤ إلى ٧، فإن كمية النيتروجين النتراتية الممتصة تكون أعلى ما يمكن فى pH ٥,٠، وتقل بزيادة أو نقص الـ pH عن ذلك (عن Adams ١٩٨٦).

وتؤدى — كذلك — زيادة pH المحلول المغذى إلى نقص تيسر كل من. الفوسفور، والبورون، والنحاس، والحديد (Adams ١٩٩٤).



شكل (٩-٥): تأثير pH المحلول المغذى على امتصاص عنصر الآزوت بصورتيه النتراتية والأمونيومية.

وعندما دُرس تأثير pH المحلول المغذى (٤,٥، و ٥، و ٥,٥، و ٦,٠، و ٦,٥) ونوع بيئة الزراعة [قش الراى (الجاودار) المزق والبيت والصوف الصخرى)] على محصول الطماطم ومحتوى نباتاتها من مختلف العناصر، وجد ما يلى:

١- لم يتأثر المحصول المبكر بأى من معاملات الـ pH أو بيئات الزراعة.

٢- ازداد المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق فى الصوف الصخرى عما فى بيئتى قش الراى والبيت.

٣- كان أعلى محصول للطماطم عندما كان pH المحلول المغذى ٥,٥.

٤- لم يؤثر مدى pH للمحلول المغذى من ٤,٥ إلى ٦,٠ على محتوى نباتات الطماطم من أى من عناصر النيتروجين والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

٥- انخفض محتوى نباتات الطماطم من كل من الفوسفور والحديد والمنجنيز بزيادة pH المحلول المغذى

٦- ازداد محتوى نباتات الطماطم النامية فى بيئة عضوية فى كل من النيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى الصوف الصخرى

٧- ازداد محتوى أوراق الطماطم النامية فى الصوف الصخرى فى كل من الفوسفور والمنجنيز مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى بيئات عضوية

٨- احتوت نباتات الطماطم النامية فى بيئة قش الراى تركيزات أقل من كل من البوتاسيوم والحديد عما فى النباتات النامية فى بيئة البيت (Dysko وآخرون ٢٠٠٩)

التهوية

تعد تهوية المحاليل المغذية أمرًا ضروريًا لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور. ويؤدى سوء التهوية إلى ضعف النمو النبتى، وقلة امتصاص العناصر. ويتضح ذلك جليا من جدول (٩-٧) الذى يعطى مقارنة بين كميات أيونات البوتاسيوم، والنترات، والفوسفات، والكالسيوم، والمغنيسيوم التى تمتصها نباتات الطماطم من المحاليل المغذية المهواة جيدا وغير المهواة (عن Adams ١٩٨٦).

جدول (٩-٧) تأثير **pH** محلول هوجلاند المغذى على امتصاص الطماطم لبعض الأيونات (مللى مكافئ)

الأيون	الكمية الممتصة من المحاليل المغذية	
	غير المهواة	المهواة جيدًا
البوتاسيوم K^+	٥٠٦	٧٣٨
النترات NO_3^-	٧٧٦	١٠٧٤
الفوسفور $H_2PO_4^-$	١١٨	١٦٠
الكالسيوم Ca^{++}	٣٢٩	٤٤٥
المغنيسيوم Mg^{++}	١٤١	١٩٧

برنامج التسميد للزراعات اللاأرضية

نظرًا لأن الزراعات اللاأرضية تعتمد في تغذيتها على المحاليل المغذية (وهي التي تناولناها بالشرح المفصل في الفصل الرابع)، لذا .. فإنه لا يمكن الحديث عن برامج التسميد في المزارع المائية بالمعنى المفهوم لذلك في الزراعات الأرضية. وأهم ما يرغب المنتج في الإلمام به — في هذا الخصوص — هو حاجة النباتات اليومية من مختلف العناصر، والتي يمكن الاسترشاد بها في تحضير المحاليل المغذية، وحساب كميات الأسمدة التي تجب إضافتها إليها أسبوعيًا لتعويض ما تمتصه النباتات منها ويجد القارئ في جدول (٩-٨) هذه المعلومات — بصورة تقريبية — بالنسبة لمحصول الطماطم في مزارع تقنية الغشاء المغذي. وقد أوردنا هذا الجدول للاسترشاد به بالنسبة للاتجاه العام فقط، مع الأخذ في الحسبان أن الأرقام التي وردت فيه يمكن أن تختلف كثيرًا عن ذلك في الظروف المختلفة ومع الأصناف المختلفة.

وتقدم في جداول (٩-٩) إلى (٩-١٣) مزيدًا من المعلومات إلى تتعلق بتسميد الطماطم في الزراعات اللاأرضية، والتي تشمل: تحضير المحاليل المغذية التي تلزم لفرتجة مزارع الصوب الصخري والبرليت وتقنية الغشاء المغذي في مختلف مراحل النمو (جدول ٩-٩)، وتحضير محلول العناصر الدقيقة الذي يلزم لنفس المزارع (جدول ٩-١٠)، وكميات الأسمدة التي تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذٍ يناسب الزراعات المفتوحة والمغلقة خلال مراحل النمو (جدول ٩-١١). وطريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة (جدول ١٩-١٢)، وتركيز مختلف العناصر الضرورية للنبات — بالجزء في المليون — في المحلول المغذي النهائي (جدول ٩-١٣).

جدول (٩–٨) كمية العناصر التي تمتصها نباتات الطماطم بالملليجرام/نبات أسبوعيًا في مزارع تقنية الغشاء المغذي (عن Cooper ١٩٨٢)

الأسبوع	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم	الحديد	المنجنيز	البورن	النحاس
١	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٢	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٣	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٤	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٥	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٦	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٧	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٨	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٩	٣٨٥	٤١٣	٤٣٤	٨٤	٢٠	١٠	٠,٣٠	٠,١٣	٠,١٧
١٠	٤٧٦	٤٩٧	٧٣٥	٢١٧	٥٨	١٥	٠,٥٨	٠,١٥	٠,٢١
١١	٧١٤	٥١٨	٩٧٣	٤٤٨	٧٤	٢٠	٠,٨٠	٠,٧٤	٠,٤٥
١٢	٦٧٢	٧٠٧	١٠٥٧	٤٢٠	٦٢	١٨	٠,٨٥	٠,٤٧	٠,٣٩
١٣	٩٥٢	٩١٧	١٥٦١	٦٠٩	١٢٢	٢٤	١,١٤	٠,٥٠	٠,٥٥
١٤	٨٧٥	٩١٧	١٧١٥	٤٥٥	٨٨	٢٤	١,١٢	٠,٦٥	٠,٥٢
١٥	١٢٣٢	١٠٥٠	٢٩٦٨	٥٠٤	٨٠	٤٨	٠,٠٩	٠,٥٣	٠,٤٩
١٦	٩٧٣	١٠٥٠	٢٣٨٠	٤٩٧	٦٤	٤٨	٠,٩٤	٠,٦٤	٠,٠٧
١٧	٨٥٤	٩٥٢	٢٠٥١	٣٧١	١٨	٣٣	٠,٦٥	٠,٤١	صفر
١٨	٩٧٣	١٢٢٥	٢١٨٤	٤٦٢	٩٢	٦٤	٠,٧٩	٠,٦٣	صفر
١٩	١١٦٢	١٢٧٤	٢٢٤٧	٥٦٧	١٠١	٧٨	٠,٩٧	٠,٥٩	٠,٠٩
٢٠	١١٥٥	١٢٩٥	٢٤٠٨	٦٥٨	٦٤	٦٨	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٠٤
٢١	١١٩٠	١٢٦٧	٢٢٥٤	٧٨٤	١٦١	٦٩	١,٣٠	٠,٦٠	٠,٤٤
٢٢	١١٣٤	١٥٤٠	٢١٨٤	٦٧٩	١٣٠	٧٥	١,٠٤	١,٠٨	٠,١٧
٢٣	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٩٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧
٢٤	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٩٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧

جدول (٩–٩) تحضير المحلول المغذى الذى يستعمل فى فرتجة الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى، وذلك فى مختلف مراحل النمو. الكميات المبينة هى لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى النهائى (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

	مرحلة النمو				
السماد	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
حامض فوسفوريك (٥٤٪)	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل
كلوريد البوتاسيوم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم
سلفات المغنيسيوم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٨ جم	٤٨ جم
نترات البوتاسيوم	صفر	صفر	٨ جم	٨ جم	٢٤ جم
نترات الأمونيوم	صفر	صفر	صفر	صفر	٤ جم
محلول العناصر الدقيقة المركز[1]	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر

[1] يستخدم لذلك المحلول المبين تحضيره فى جدول (٩–١٠).

جدول (٩–١٠): كميات الأسمدة التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز الذى يستعمل مع مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

السماد	الكمية (جم/ ١٠٠ لتر)
سلفات المنجنيز (٢٥٪ منجنيز)	٣٢,٠
سولوبور Solubor (٢٠٪ بورون)	٣٥,٠
كبريتات النحاس (٢٥٪ نحاس)	٧,٠
كبريتات الزنك (٢٣٪ زنك)	٨,٠
موليبدات الصوديوم (٣٩٪ موليبدنم)	١,٣

جدول (٩-١١) كميات الأسمدة البسيطة التي تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذ يناسب الطماطم – في المزارع المائية المفتوحة والمغلقة – خلال مراحل النمو (جم ١٠٠ لتر) (عن Hochmouth ٢٠٠١ ب)

السماد	من البادرة حتى أول الثمار عقدًا (A)	من أول الثمار عقدًا حتى نهاية الموسم (B)
سلفات المغنيسيوم	٥٠٠	٥٠٠
فوسفات أحادي البوتاسيوم	٢٧٠	٢٧٠
نترات البوتاسيوم	٢٠٠	٢٠٠
سلفات البوتاسيوم	١٠٠	١٠٠
نترات الكالسيوم	٥٠٠	٦٨٠
حديد مخلبي (Fe 330)	٢٥	٢٥
محلول العناصر الدقيقة المركز	١٥٠ مل	١٥٠ مل

جدول (٩-١٢) طريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز

السماد	الكمية (جم)[أ]
حامض البوريك (H_3BO_3)	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز ($MnCl_2.4H_2O$)	٦,٧٥
كلوريد النحاسيك ($CuCl_2.2H_2O$)	٠,٣٧
ثالث أكسيد الموليبدنم (MoO_3)	٠,١٥
سلفات الزنك ($ZnSO_4.7H_2O$)	١,١٨

[أ] يُستخدم الماء الساخن للمساعدة في إذابة تلك الكميات في نصف لتر ماء، ويستعمل ١٥مل من هذا المحلول المركز مع كل ١٠٠ لتر من المحلول المغذي النهائي.

يحتوي المحلول المغذي النهائي على ما يلي بالجزء في المليون:

١٠٥ نيتروجين في المرحلة الأولى، و ١٣٣ في الثانية	٦٢ فوسفور	١٩٩ بوتاسيوم
٩٥ كالسيوم في المرحلة الأولى، و ١٣٠ في الثانية	٥٠ مغنيسيوم	٧٠ كبريت
٢,٥ حديد	٠,٤٤ بورون	٠,٠٥ نحاس
٠.٦٢ منجنيز	٠,٠٩ زنك	٠,٠٣ موليبدنم

جدول (٩-١٣): تركيز مختلف العناصر بالجزء فى المليون فى المحلول المغذى النهائى الذى يستعمل فى رى المزارع المائية للطماطم[أ] (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

العنصر	مرحلة النمو				
	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
النيتروجين	٦٥	٧٥	٩٥	١١٤	١٤٨
الفوسفور	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠
البوتاسيوم	١٢٠	١٢٠	١٥٠	١٥٠	٢٠٨
الكالسيوم[ب]	٨٠	٩٢	١٠٤	١٢٧	١٢٧
المغنيسيوم[ب]	٤٠	٤٠	٤٠	٤٨	٤٨
الكبريت[ب]	٥٦	٥٦	٥٦	٦٦	٦٦
الحديد	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨
البورن	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧
النحاس	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
المنجنيز	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
الزنك	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
الموليبدنم	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥
الـ EC (مللى مول/سم)	٠,٨	١,٠	١,٤	١,٦	٢,٠

[أ] يُعنى بذلك المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٩-٩). يضبط الـ pH عند ٥,٥ لجميع مراحل النمو.

[ب] قد يتباين تركيز العنصر (الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت) حسب تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى مصدر الماء، وكمية حامض الكبريتيك التى استعملت فى خفض الـ pH.

تقليم الجذور

تجرى عملية تقليم الجذور — فقط — فى حالة مزارع تقنية الغشاء المغذى، بهدف منع الجذور الكثيفة من سدّ مجارى المحلول المغذى (Hochmuth ١٩٩٠).

استعمال المنشطات الحيوية

يحظى موضوع المنشطات الحيوية Biostimulants باهتمام متزايد — من قبل الباحثين والمنتجين — في مجال إنتاج الخضر. ولا تخفى أهمية الاستفادة من تلك التقنيات الحديثة في مجال الزراعات المحمية، سواء أكانت أرضية، أم لاأرضية، وسواء أكانت لاأرضية صلدة، أم مائية. وكمثال على ذلك.. وجد Gangé وآخرون (١٩٩٣) أن إضافة البكتيريا المنشطة للنمو النباتي *Pseudomonas fluorescens* (سلالة رقم ٦٣–٢٨) إلى البيت موس في مزرعة طماطم لاأرضية قوامها البيت موس — عندما كانت الظروف البيئية غير مواتية للنمو النشط للطماطم — أحدثت زيادة قدرها ١٣,٣٪ في المحصول الكلي، و ١٨,٢٪ في محصول ثمار الدرجة الأولى، و ١١,١٪ في متوسط وزن الثمرة.

التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون

تعتبر التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون أمرًا بالغ الحيوية في الدول الباردة التي تُوقف فيها عملية تهوية البيوت المحمية لفترات طويلة؛ (بسبب برودة الهواء الخارجي)، الأمر الذي يترتب عليه استنزاف غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء البيت. وحتى في المناطق المعتدلة التي تبدأ فيها تهوية البيوت — شتاءً — الساعة العاشرة صباحًا، أو التي قد تتأخر فيها تهوية البيوت المحمية إلى ما بعد الظهر في الأيام الباردة.. فقد ظهر اتجاه نحو محاولة تعويض النقص الذي يحدث في تركيز الغاز في البيوت المحمية خلال تلك الفترات، أو حتى زيادة تركيزه عن المعدل الطبيعي، في محاولة لاستثمار فترة التوقف عن التهوية في زيادة معدل البناء الضوئي.

ففي دول مثل هولندا والمملكة المتحدة يقل محصول الطماطم في البيوت المحمية بنسبة تصل إلى ١٧٪ بسبب استنزاف غاز ثاني أكسيد الكربون، على الرغم من توفير كميات من الغاز نتيجة لحرق الغاز الطبيعي في عملية التدفئة. ويؤدي تزويد الصوبات بالغاز، إلى أن يصل إلى المستوى الطبيعي (٣٤٠ جزءًا في المليون) — خلال فترة الإضاءة

نهارًا — إلى تجنب الفقد في المحصول، مع استمرار تزايد المحصول باستمرار زيادة تركيز الغاز إلى حتى ١٠٠٠ جزء في المليون، دون التأثير على متوسط وزن الثمرة (جدول ٩–١٤).

جدول (٩–١٤): تأثير زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في هواء البيوت المحمية على محصول الطماطم ومتوسط وزن الثمرة (Van de Vooren ١٩٨٦).

تركيز الغاز	المحصول		وزن الثمرة
(جزء في المليون)	(% من الشاهد)	(كجم / م٢)	(جم)
١٥٠	٧٢	٣,٩٢	٤٣
٢٤٥	١٠٠	٥,٤٢	٥٠
٤٣٠	١٢٢	٦,٦٢	٥١
٧٩٠	١٣١	٨,١٢	٥٦
١٥٠٠	١٣٢	٨,١٦	٥٥
٢٨٧٠	١٠٠	٥,٤٤	٥١

ولذا .. يوصى عند إحكام إغلاق الصوبات وتوقف التهوية بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون حسب شدة الإضاءة ومرحلة النمو كما يلي (Oregon State University ٢٠٠٣):

الحالة	تركيز ثاني أكسيد الكربون بالجزء في المليون
الجو الصحو	١٠٠٠
الجو الغائم	٧٥٠
النباتات الصغيرة	٧٠٠
في وجود تهوية معتدلة	٣٥٠

ونقدم — فيما يلي — استعراضًا لعدد من الدراسات التي أجريت في هذا الشأن:

○ في المملكة المتحدة .. وجد Clack وآخرون (١٩٨٨) أن استجابة الطماطم لزيادة

– تركيز الغاز – صيف -- كانت خطية، حيث قدرت الزيادة في محصول الثمار الصالحة للتسويق – في المتوسط – بنحو ٢,٦٥ ± ٠,٢٠١ كجم/م٢ من مساحة الصوبة لكل زيادة مقدارها ١٠٠ جزء في المليون من الغاز فيما بين التركيزين ٣٢٠، و ٥٢٦ جزءا في المليون

ه وجد Lindhout & Pet (١٩٩٠) أن متوسط الزيادة الناشئة عن زيادة تركيز الغاز من ٣٢٠ إلى ٧٥٠ جزءًا في المليون – مقدرة خلال ٥٥ يومًا من الزراعة في ٩٦ صنفًا وسلالة من الطماطم، على أساس النسبة بين الوزن الجاف عند التركيز المرتفع من الغاز إلى الوزن الجاف عند التركيز المنخفض – كانت ٢,٣. وقد تباينت التراكيب الوراثية – معنويًا – في تأثرها بزيادة تركيز الغاز.

ه أدت زيادة تركيز الغاز (من ٣٤٠ جزءًا في المليون إلى ٧٠٠ أو ١٠٠٠ جزء في المليون) إلى خفض معدل النتح من الأوراق، وزيادة معدل البناء الضوئي فيها. ولكن لم يزدد إنتاج النبات من المادة الجافة إلا في تركيز ٧٠٠ جزء في المليون، مع توفر حرارة ٢٥°م نهارًا، و ١٦°م ليلاً (Behboudian & Lai ١٩٩٤).

ه ويستدل من دراسات Lee & Lee (١٩٩٤ ب) أن زيادة تركيز الغاز إلى ٨٠٠ جزء في المليون أدت إلى خفض معدل البناء الضوئي في المراحل المبكرة من المعاملة بالغاز، ولكن البناء الضوئي انخفض إلى أقل من معدله الطبيعي (تحت ظروف التركيز الطبيعي للغاز) بعد ٣٠ يومًا من زيادة تركيز الغاز.

ه كما تتأثر الاستجابة لزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون بدرجة حرارة الجذور، ففي دراسة عرضت فيها نباتات الطماطم للغاز بتركيز ٣٣٠ أو ٨٠٠ جزء في المليون (ميكرولتر/لتر)، وعرضت فيها الجذور لحرارة ١٢°م، أو ١٨°م، أو ٢٤°م، أو ٣٠°م، أو ٣٦°م. وجد ما يلي (Yelle وآخرون ١٩٨٧):

١– كانت الزيادة في النمو الخضري – بزيادة تركيز الغاز – أكثر مع زيادة حرارة الجذور حتى ٣٠°م.

٢- أدى تركيز ٨٠٠ جزء في المليون من الغاز إلى زيادة امتصاص النيتروجين بنسبة ٥٨٪ والبوتاسيوم بنسبة ٤٥٪

٣- حدث أعلى امتصاص للفوسفور في تركيز ٨٠٠ جزء في المليون من الغاز، مع تعريض الجذور لحرارة ٣٦°م.

٤- عندما كانت حرارة الجذور منخفضة أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة النمو، ولكنها لم تؤثر على انتقال النترات إلى الأوراق.

٥- كان أفضل تأثير لزيادة تركيز الغاز على حرارة ٣٠°م هو زيادة انتقال النترات إلى النموات الخضرية.

• تزداد — كذلك — الاستجابة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون عندما يكون مستوى التغذية مثاليًا. دون زيادة مفرطة، أو نقص مؤثر على النمو (عن Yelle وآخرين ١٩٨٧).

• دُرس تأثير زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون من ٣٢٠ إلى ٧٥٠ جزءًا في المليون على نمو نباتات الطماطم الصغيرة لستٍ وتسعين تركيبًا وراثيًا خلال الـ ٥٥ يومًا الأولى من الزراعة، ووجد أن تلك الزيادة أحدثت — كمتوسط عام — زيادة مقدرها ٢٣٠٪ في نمو البادرات، إلا أن الاستجابة تباينات باختلاف التركيب الوراثي، حيث وجد تفاعل جوهري للتركيب الوراثي × تركيز ثاني أكسيد الكربون (Lindhout & Pet ١٩٩٠).

• أدت زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في هواء الصوبات المزروعة بالطماطم من التركيز الطبيعي (٣٥٠ جزء في المليون) إلى ١٠٠٠ جزء في المليون إلى زيادة محصول الثمار. إلاّ أن تلك الاستجابة تباينت باختلاف الأصناف وقد كان مرد تلك الزيادة إلى تغيرات في توجه الغذاء المجهز من الجذور إلى الثمار وأظهرت أوراق نباتات الطماطم في التركيز العالي لثاني أكسيد الكربون أعراضًا شبيهة بأعراض نقص البوتاسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز مع التفاف قوي نحو الداخل وتشوه بنصل الورقة؛ مع ازدياد في تلك الأعراض طوال فترة نمو المحصول. ولقد ارتبطت تشوهات الأوراق إيجابيًا مع المحصول الكلي، ومع تركيز البوتاسيوم والمنجنيز بها؛ هذا في الوقت الذي انخفض

فيه تركيز البوتسيوم فى الأوراق مع زيادة شدة تشوهاتها فى التركيز العال لثانى أكسيد الكربون (Tripp وآخرون ١٩٩١)

• وعلى الرغم من توصل عديد من الباحثين إلى أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز تزداد بزيادة مدة المعاملة خلال الفترة الضوئية، إلا أنه يبدو أن النباتات تتأقلم — فسيولوجيًا — خلال فترة زيادة الغاز، بحيث يتأثر معدل البناء الضوئى فيها — سلبيًا - خلال الفترات الأخرى من النهار التى لا تستمر خلالها المعاملة بالغاز (Longuenesse ١٩٩٠) هذا إلا أن دراسات Peet وآخرين (١٩٩١) أوضحت أن معدل البناء الضوئى — فى الطماطم خاصة — لا يتأثر بزيادة تركيز الغاز، أو بزيادة شدة الإضاءة (إلى ٤٠٠ ميكومول/م^2 فى الثانية)، وأن ما يحدث هو إعادة توزيع نواتج البناء الضوئى تحت ظروف التركيز المرتفع من الغاز، بحيث تحصل النموات الخضرية — خاصة الثمار — على نصيب أوفى منها على حساب الجذور

• وجد — كما أسلفنا — أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز (إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون) مرده إلى حصول النموات الخضرية على قدر أكبر من نواتج البناء الضوئى على حساب الجذور، مقارنة بما يحدث عند التركيز الطبيعى (٣٥٠ جزءًا فى المليون). وقد وجد الباحثون أن تلك الحالة أدت إلى ظهور التفاف إلى الداخل بالأوراق مصحوبًا بأعراض شبيهة بأعراض نقص الكالسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز، ازدادت مع تقدم موسم النمو، وكانت مرتبطة إيجابيًا بالمحصول، وسلبيًا بتركيز البوتاسيوم فى الأوراق. وقد أرجع الباحثون ذلك إلى ضعف النمو الجذرى تحت ظروف التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكربون، بسبب انخفاض نسبة ما تحصل عليه الجذور من نواتج البناء الضوئى فى هذه الظروف (Tripp وآخرون ١٩٩١، و Peet وآخرون ١٩٩١).

• كما تؤكد دراسات Nederhoff وآخرون (١٩٩٣) أن زيادة تركيز الغاز خلال فترة الصيف تُحدث تشوهًا بالأوراق، وتؤدى إلى قصر طولها، ونقص مساحتها، وزيادة محتواها من النشا والمادة الجافة. وهى الظاهرة التى اطلقوا عليها اسم " Short Leaf

Syndrome" وقد اقترحوا معالجة هذه الحالة بزيادة الكثافة النباتية؛ ليكون لزيادة تركير الغاز تأثير إيجابى على المحصول

• وتأكيدًا لذلك .. وجد Behboudian & Lai (١٩٩٤) أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون أحدثت نقصًا فى تركيز العناصر الكبرى والصغرى بالأوراق عما فى معاملة الشاهد.

• وتعرّض بادرات الطماطم – التى تنتج فى البيوت المحمية شتاءً لكى تشتل مبكرًا فى الحقل بعد ذلك – لمدة ثلاثة أسابيع قبل شتلها – لتركيز ٩٠٠ جزء فى المليون من غاز ثانى أكسيد الكربون (مع توفير إضاءة إضافية مقدارها ١٠٠ ميكرومول/م^{2} فى الثانية فى المناطق التى تنخفض فيها شدة الإضاءة)؛ لأجل تحسين نموها بعد الشتل؛ حيث يزداد تراكم المادة الجافة بنسبة حوالى ٥٠٪ فى نمواتها الخضرية والجذرية، ويزداد محصولها المبكر بنسبة ١٥٪.

• كذلك يستدل من دراسات Tripp وآخرين (١٩٩٢) على أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٨,١ ساعة يوميًا خلال النهار خفضت أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum*. ولم يُرجع الباحثون هذا التأثير إلى زيادة تركيز الغاز بصورة مباشرة، وإنما إلى تأثير الغاز على مستوى الكربون والنيتروجين بالأوراق؛ حيث أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة نسبة الكربون إلى النيتروجين، بينما تناسبت أعداد الذبابة سلبيًا مع تركيز الكربون وإيجابيًا مع تركيز النيتروجين.

• وتحت الظروف شبه الاستوائية يكون لوقف عملية التهوية شتاءً – بهدف زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون صناعيًا – تأثير سيئ على محصول الطماطم. كما يكون للتظليل الجزئى للبيوت المحمية (بهدف الاستغناء عن عملية التهوية ليمكن زيادة تركيز الغاز) تأثير سيئ مماثل على المحصول. ففى دراسة ظللت فيها البيوت بدرجة أدت إلى حجب ٥٠٪ من الأشعة الشمسية (١٦٠–١٩٠ ميكرومول/م^{2} فى الثانية)، أو تركت دون تظليل (٤٥٠–٥٥٠ ميكرومول/م^{2} فى الثانية)، وأبقى فيها على تركيز ثانى

أكسيد الكربون الطبيعي (٣٠٠-٣٣٠ جزءًا في المليون)، أو زيد تركيزه بدرجة كبيرة (١٤٠٠-١٥٠٠ جزء في المليون) حُصِلَ على النتائج التالية (Carmi ١٩٩٣).

الصفة المقيسة	٥٠٪ تظليل و Co_2 عادى	٥٠٪ تظليل و Co_2 عالٍ	إضاءة عادية و Co_2 عادى	إضاءة عادية و Co2 عالٍ
معدل البناء الضوئي للورقة في وسط النهار (Co_2/م² في الثانية)	٥,٩	٩,٦	١٠,٧	١٥,٢
تراكم المادة الجافة في النموات الهوائية خلال ١٤٥ يومًا (جم)	٣٩٨	٢٣٥	٥٨٠	٣٤٧
المحصول المبكر محصول المناقيد السبعة الأولى (كجم/نبات)	٥,٧	٣,٢	٦.٨	٤,٦

○ كانت زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء في المليون فعالة في زيادة المحصول المبكر للطماطم، وفي نقص نسبة الثمار المجوفة puffy إلى الثمار الطبيعية. وذلك مقارنة بالوضع في التركيز العادي لثاني أكسيد الكربون (Lee & Lee ١٩٩٤).

○ درس Behboudian & Tod (١٩٩٥) تأثير زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء في المليون قبل الحصاد على نوعية الثمار وخصائصها الفسيولوجية بعد الحصاد. ووجدا أنها أحدثت تغيرات مرغوبة تمثلت في بطء نضج الثمار، ونقص معدل تنفسها ومعدل إنتاجها من الإثيلين، وزيادة محتواها من السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، والنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ولكن محتواها من الكبريت، والكالسيوم، والمغنيسيوم كان أقل مما في الثمار التي تعرضت للتركيز الطبيعي من الغاز قبل الحصاد.

○ توضح دراسات Longuensse (١٩٩٠) عدم وجود فرق في التأثير على الطماطم بين التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون النقي بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون لمدة ٦ ساعات يوميًا، وبين الزيادة في تركيز الغاز التي تحدث نتيجة إطلاق عوادم المحروقات

المستعملة للتدفئة، والتى يترتب عليها زيادة تركيز الغاز إلى نحو ٢٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢-٣ ساعات فى الصباح الباكر

• أحدثت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت المحمى لمزرعة طماطم بتقنية الغشاء المغذى زيادة جوهرية فى وزن الثمار، وفى محتواها من كل من السكريات الكلية والمختزلة أثناء تطورها، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول. ولقد كان نشاط إنزيم الـ sucrose synthase أعلى جوهريًا فى ثمار معاملة التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون، وذلك حتى ٥٠ يومًا من تفتح الزهرة؛ بينما حدث انخفاض تدريجى لنشاط هذا الإنزيم فى ثمار الكنترول. وقد رافق هذا الانخفاض فى نشاط الإنزيم انخفاض فى تركيز السكروز. هذا فى الوقت الذى استمر فيه نشاط إنزيم الـ sucrose-phosphate synthase ثابتًا نسبيًا أثناء نمو الثمرة فى مختلف المعاملات ولم تختلف جوهريًا بينها (Islam وآخرون ١٩٩٥)

• أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية أثناء إنتاج الطماطم إلى انخفاض محتوى الثمار جوهريًا من كل من أحماض الستريك، والماليك، والأوكساليك، ولكن مع زيادتها جوهريًا فى كل من السكريات المختزلة ونشاط الـ acid invertase، وذلك عند الحصاد وأثناء التخزين على ٢٠°م. كذلك أدت معاملة زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة دكنة اللون الأحمر بالثمار وأثناء التخزين (Islam وآخرون ١٩٩٥)

• وُجد أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية لمزارع تقنية الغشاء المغذى للطماطم - إلى ٧٠٠-٩٠٠ جزء فى المليون أدت إلى خفض محتوى الثمار من أحماض الستريك والماليك والأوكساليك، وإلى ارتفاع محتواها من حامض الأسكوربيك والفراكتوز والجلوكوز، وإلى زيادة نشاط إنزيم الـ sucrose synthase بها عما فى ثمار الكنترول. ولقد حفزت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من نمو الثمار وتلونها أثناء تطورها. هذا بينما لم تكن هناك فروقًا جوهرية بين المعاملات فى صلابة الثمار، أو فى تركيز السكروز بها (Islam وآخرون ١٩٩٦).

○ أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أثناء النهار (إلى ١٢٠٠ ميكرومول/مول) إلى زيادة نمو نباتات الطماطم فى المراحل الميكرة لنموها، إلا أن هذا التحسن فى النمو بزيادة تركيز الغاز لم يستمر إلا عندما نُميت النباتات تحت شدٍّ ملحى قدره ٧ ديسى سيمنز/م. وهو التركيز الذى يستخدم لتحسين نوعية ثمار الطماطم. ففى غياب معاملة زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون انخفض النمو العام بالشدِّ الملحى إلى ٥٨٪ وانخفض محصول الكتلة الحيوية بمقدار ٥٣٪. مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول، إلاّ أنه بزيادة تركيز الغاز لم تنخفض الكتلة الحيوية الكلية جراء التعرض للملوحة العالية وأدت معاملة زيادة ثانى أكسيد الكربون للنباتات النامية تحت ظروف الشدِّ الملحى إلى زيادة الوزن الطازج الكلى بنحو ٤٨٪، مع المحافظة على جودة الثمار فيما يتعلق بالمواد الصلبة الذائبة الكلية، والجلوكوز، والحموضة، كما كان نضج الثمار أبكر بمقدار ١٠ أيام لدى زيادة تركيز الغاز ولذا . فإنه يعتقد أن الجمع بين زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون مع الرى بالماء الملحى يؤدى إلى إنتاج ثمار مبكرة عالية الجودة دون أن يتأثر المحصول الكلى جراء معاملة الملوحة (Li وآخرون ١٩٩٩أ).

○ استجابت الطماطم لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المراحل المبكرة لنموها (ثلاثة أسابيع من الزراعة) بحدوث زيادة كبيرة فى معدل بنائها الضوئى. ولكن تلك الزيادة توقفت بعد ١٠ أسابيع من الزراعة فى النباتات التى لم تتعرض لشدٍّ ملحى، حيث انخفضت بشدة معدلات البناء الضوئى، وكفاءة الـ carboxylation بالأوراق. هذا إلاّ أن تلك الظواهر كانت أقل حدوثًا عندما كانت النباتات نامية تحت ظروف شد ملحى عالٍ (٧ ديسى سيمنز/م)؛ ومن ثم زاد محصولها — تحت ظروف الملوحة — عما فى النباتات التى لم تتعرض لتركيز عالٍ من ثانى أكسيد الكربون (Li وآخرون ١٩٩٩ ب).

○ أمكن إنتاج الطماطم بنجاح — فى ظروف حجرات النمو — فى مستوى ملوحة (خليط من الأملاح) قدره ١٠ ديسى سيمنز/م عندما ضُخ ثانى أكسيد الكربون ليصل تركيزه إلى ١٢٠٠ ميكرومول/مول أثناء النهار؛ حيث لم يتأثر النمو النباتى الكلى سلبًا بالملوحة،

وإنما ازداد فى ظروف التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون مع الملوحة، وازداد المحصول بنسبة ٤٨٪، وحافظت الثمار على جودتها فيما يتعلق بكل من المواد الصلبة الذائبة الكلية والجلوكوز والحموضة وقد أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى تبكير الحصاد بنحو ١٠ أيام دون أن يكون لعاملة الملوحة أية تأثير. وقد اقترح أن الجمع بين استعمال الماء الملحى فى الرى وزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ربما يعمل على إنتاج ثمار طماطم جيدة النوعية دون أن يحدث نقص فى المحصول جراء استعمال الماء الملحى فى الرى (Li وآخرون ١٩٩٩).

• وجد أن معدل البناء الضوئى لنباتات الطماطم يزداد بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون بين ٤٠٠، و ١٠٠٠ جزء فى المليون، وذلك عند وضع الأنابيب البلاستيكية المثقبة فى مستوى عالٍ بالنسبة للنمو النباتى (Elings وآخرون ٢٠٠٧).

• أدت زادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية المهواة إلى التركيز الخارجى الطبيعى (٣٥٠-٤٥٠ جزءًا من المليون)، أو زيادة حركة الهواء داخل الصوبة المهواة إلى ١,٠م/ثانية، أو كلا العاملتين معًا إلى زيادة البناء الضوئى جوهريًا فى الطماطم (Thongbai وآخرون ٢٠١٠).

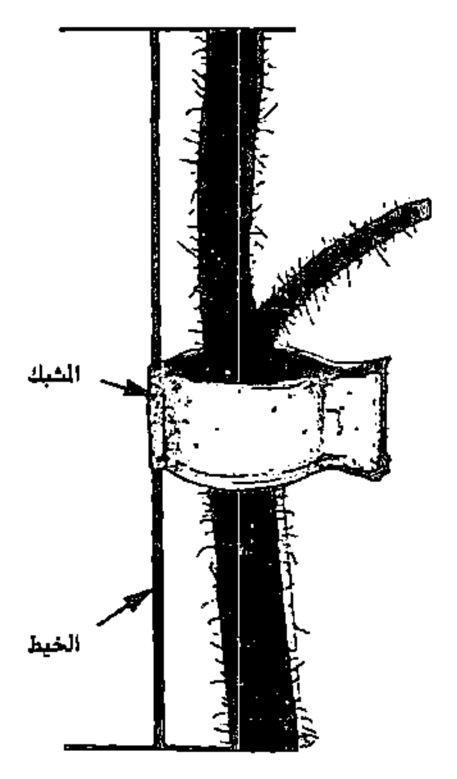
تربية وتقليم (سرطنة) النباتات

يمكن أن يصل طول نبات الطماطم فى الزراعات المحمية إلى ١٠ أمتار أو أكثر خلال فصل النمو الذى يمتد لعشرة شهور، إلا أن المترين أو الثلاثة أمتار العلوية فقط من النبات هى التى تحمل أوراقًا وأزهارًا وثمارًا، كما تجرى معظم العمليات الزراعية على هذا الجزء. لذا .. يجب أن يكون وضعه فى متناول اليد وتعرف عملية توجيه النبات لكى يصبح الجزء العلوى منه دائمًا فى متناول اليد باسم التربية Training.

تُربط نباتات الطماطم وهى صغيرة فى خيوط تتدلى من الأسلاك الأفقية التى تمتد أعلى خطوط الزراعة، وقد يستبدل بذلك ربط الخيوط المدلاة هذه مع خيوط أخرى افقية تمتد على سطح التربة بطول خط الزراعة أو بربطها فى قطع سلكية قصيرة

تغرس فى التربه بالقرب من النباتات. وفى كل الحالات يربى النبات رأسيًا على ساق واحدة بتوجيهه على الخيط على فترات متقاربة، على أن يكون ذلك فى اتجاه واحد. حتى لا يحدث ارتخاء لساق النبات فى مرحلة متقدمة من النمو عندما يزيد حمل الثمار

ويفضل ربط النباتات إلى الخيط فى ٣-٤ مواضع على امتداد الساق باستعمال مشابك خاصة، مع جعلها تحت أعناق الأوراق مباشرة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط (شكل ٩-٦). هذا .. ويراعى عدم وضع هذه المشابك أسفل المناقيد الزهرية، حتى لا يؤدى ذلك إلى كسر العنقود تحت ثقل الثمار عند نضجها.



شكل (٩-٦): مكان وضع المشابك Clamps أسفل عنق الورقة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط.

ومن الضرورى إزالة جميع الأفرع الجانبية التى تنمو فى آباط الأوراق فى المراحل المبكرة من نموها؛ حتى يمكن تربية النباتات على ساق واحدة. وتعرف هذه العملية باسم "السرطنة". تُزال هذه الأفرع عندما يصل طولها إلى نحو ٢,٥ سم؛ حيث يكون من السهل قطعها. ويؤدى تركها لتنمو أكثر من ذلك قبل التخلص منها إلى إهدار غذاء النبات فيما لا طائل من ورائه، فضلاً على زيادة المسطحات النباتية المجروحة عند إزالة الأفرع بعد كبر حجمها. ويفضل إجراء هذه العملية فى الساعات المبكرة من الصباح فى يوم مشمس؛ لأن ذلك يساعد على سهولة نزع الأفرع الجانبية وجفاف والتئام مكان الجرح بسرعة. وفى حالة وجود إصابة بفيرس موزايك التبغ يفضل وضع الأيدى فى محلول الصابون بعد سرطنة النباتات المصابة؛ لأن هذا الفيرس ينتقل ميكانيكيًا بالملامسة.

وبدراسة تأثير طول الفترة بين كل عملية سرطنة (للتخلص من النموات الجانبية) وأخرى فى الطماطم على قوة نمو النباتات ومحصول الثمار، وجد ما يلى:

١- عندما أجريت السرطنة كل ٢١ يومًا حدث انخفاض فى كل من قوة النمو وقطر الساق، وكذلك عدد الثمار المنتجة بالمتر المربع؛ وبالتالى انخفض المحصول جوهريًا. كذلك تأخر الحصاد عما فى معاملة الكنترول.

٢- عندما أجريت السرطنة أسبوعيًا — حتى مع إزالة النموات الجانبية القريبة من القمة النامية — انخفضت قوة النمو، ولكن لم يتأثر المحصول.

ولذلك .. فإن إجراء عملية السرطنة يفضل أن يكون ما بين كل ٧، و ١٤ يومًا تبعًا لظروف المناخ، وموسم النمو، وقوة نمو الصنف المزروع (Navarrete & Jeannequin ٢٠٠٠).

إن نباتات الطماطم تبدأ فى النمو السمبوديل sympodial growth بمجرد تفتح الأزهار الأولى فى التكوين، وتكون عديدًا من النموات الجانبية التى تنافس الثمار النامية على الغذاء المجهز والعناصر الممتصة، وربما تعمل على تظليل الأوراق الأساسية، فتقلل

بذلك من عملية البدء سنوئي. وعقد الثمار ولذا يستوجب الأمر التخلص من تلك النموات كل ٧ أيام وبحد أقصى ١٤ يوم حتى لا يتأثر المحصول

تجرى عملية إزالة النموات يدويًا، وهى عملية مكلفة، وقد تؤدى إلى الإضرار بالنباتات. فضلاً عن نشرها للإصابات المرضية.

وقد جُرِّب استعمال منظمات نمو لأجل الحد من تلك النموات الجانبية، مما يقلل الحاجة إلى عملية "السرطنة" اليدوية، مما يخفض من تكلفتها، وقد تؤدى إلى زيادة المحصول

ومن بين منظمات النمو التى تمت تجربتها، ما يلى:

١- حامض الأبسيسك: يُثبط الحامض نمو البراعم الجانبية، ولكنه لا يكون تام الفاعلية مع الطماطم حتى مع تكرار المعاملة

٢- مثبط تمثيل الإثيلين aminoethoxyvinylglycine (اختصارًا: AVG): يثبط هذا المركب — كذلك — نمو البراعم الجانبية

٣- إندول حامض الخليك indole acetic acid: ينتج هذا الهرمون فى البرعم القمى وينتقل إلى أسفل فى الساق، حيث يفرض السكون على البراعم الجانبية فى معظم النباتات وقد وجد أن الحامض الأميني كانالين canaline — الذى يشبه فى تركيبه المركب AVG — يحفز انتقال إندول حامض الخليك فى الطماطم، مما يثبط نمو البراعم الجانبية.

وبذا فإن المثبطات مثل الـ AVG والكانيلين يمكنها منع نمو البراعم الجانبية مباشرة بتثبيطها لانقسام الخلايا فى تلك البراعم. أو بطريق غير مباشر بزيادتها لانتقال إندول حامض الخليك الذى يفرض السيادة القمية.

وحتى إذا كانت تلك المعاملات تنجح فى تثبيط نمو البراعم الجانبية، فإنه قد يكون لها تأثيرات سلبية على الإزهار وعقد الثمار ونموها، وقد يحتاج الأمر تكرار المعاملة عدة مرات ولذا فإن المركبات التى تعمل على قتل البراعم الجانبية وأنسجتها الميرستيمية قد تكون أكثر فائدة

ولقد استعمل التحضير التجارى Off-Shoot-O – وهو عبارة عن مخلوط من إسترات مثيل أحماض دهنية – بنجاح فى منع النمو الجانبى بعد قطع النمو القمى فى التبغ، وذلك بتعطيله لوظائف الأغشية الخلوية فى خلايا الطبقة السطحية، دون أن نفاذه عميقًا فى النسيج. وكذلك أعطى ذلك المنتج التجارى نتائج جيدة مع الطماطم حيث منع الفروع الجانبية (عن Logendra وآخرين ٢٠٠٤ أ).

وقد أدت معاملة آباط أوراق الطماطم – فقط – ومباشرة – بمخلوط من إسترات أحماض دهنية (C8/C10) إلى منع نمو الفروع الجانبية وتطورها جوهريًا! حيث انخفض عدد الفروع الجانبية من ٨,٩/نبات فى الكنترول إلى ٠,٧ فقط/نبات فى النباتات المعاملة، مع انخفاض فى وزن الأجزاء المزالة من ٤٠,٢ جم/نبات إلى ١,٣ جم/نبات. وزيادة المحصول بمقدار ١٤٪. وبينما احتاجت النباتات غير المعاملة إلى سرطنتها ثلاث مرات خلال فترة الإنتاج، فإن النباتات المعاملة لم تُسرطن سوى مرة واحدة وقت إجراء المعاملة. كذلك أعطى استعمال الأحماض الدهنية C8/C10 (وليس إسترات مثيل الأحماض الدهنية C8/C10) نتائج مماثلة (Logendra وآخرون ٢٠٠٤أ).

وفى حالة وجود بعض الجور الغائبة، فإنه يمكن انتخاب أفرع قوية من نباتات "الجور" المجاورة لتحل محل النباتات الغائبة، وتربى رأسيًا على الخيوط الخاصة بها.

ويستمر توجيه النباتات على الخيوط؛ حتى تصل إلى السلك العلوى، ويعرف ذلك بالتربية الرأسية.

ومع تقليم النبات ليصبح على ساق واحدة، يتم لفه حول الخيط الداعم لنموه الرأسى. ويمكن إجراء عمليتى التقليم واللف فى آن واحد قبل الانتقال لنبات جديد ويجب أن يكون اللف دائمًا فى نفس الاتجاه، وإلاّ فإن النبات سوف ينزلق لأسفل على الخيط بعدما يزداد فيه حمل الثمار، وقد تكسر ساقه. ويفضل البعض استعمال كلبسات بلاستيكية توضع تحت مستوى الأوراق لدعم النبات رأسيًا، إما مع اللف أو بدونه.

عند إجراء التربية الرأسية للطماطم يراعى أن يكون السلك العلوى على ارتفاع ٢١٠

سم. وأن تقطع خيوط بطول ٥ ٤م يربط أحد طرفيها ربطة واسعة عند قاعدة الساق، ويترك باقى الخيط ليتدلى من على السلك بعد ربطه به ويستفاد من الزيادة فى طول الخيط للسماح بإمالة النباتات نحو الأرض إلى أن ترقد أجزاء الساق التى حُصدت ثمارها وقلمت أوراقها على الأرض، مع بقاء الجزء العلوى من الساق قائمًا حتى السلك العلوى. يجب أن يكون هيكل الصوبة قادرا على حمل نباتات الطماطم وما بها من ثمار، وأن يكون السلك قادرًا على حمل حوالى ثلاثة أطنان من ذلك الحمل لكل ٦٠٠ نبات.

ويجب الحرص عند إمالة النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى، فيمسك بالسلك جيدًا باليد اليسرى فوق النبات مباشرة، ثم تفك عقد الخيط من السلك باليد اليمنى، ويسمح فى الوقت ذاته بإمالة النبات لأسفل حوالى ٦٠ سم تحت السلك مع تحريك الخيط نحو اليمين يجب أن تكون إمالة النبات برفق حتى لا يتكسر، مع إمالة النباتات كلها فى نفس الاتجاه. ويراعى الهبوط بالنباتات إلى نفس الارتفاع حتى لا تظلل بعضها بعضًا وتكرر هذه العملية فى كل مرة تنمو فيها النباتات لأعلى عن مستوى السلك. وذلك أحد الأسباب التى تجعل من الأفضل زراعة محصولين فى السنة عن محصول واحد نضطر فيه لإجراء عملية الإمالة (Snyder ٢٠٠١).

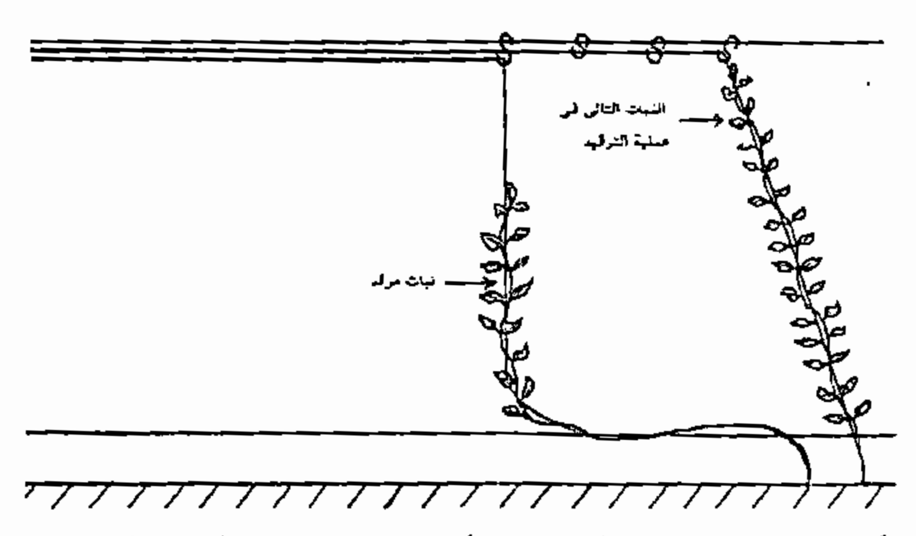
وعلى الرغم من تعدد طرق التربية الرأسية، فإن أبسطها وأكثرها شيوعًا هو ترك النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى، دون إجراء أية سرطنة إضافية. وقد تقطع القمة النامية للنبات بعد ذلك بقليل.

وقد تُربى النباتات بحيث ترفع القمة النامية عن السلك بنحو ٣٠ سم، ثم توجه على الخيط المجاور لأسفل، حتى تصل إلى مسافة ٩٠ سم من الأرض، حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانيًا على الخيط الأصلى. وتعرف هذه الطريقة باسم Dutch Back System.

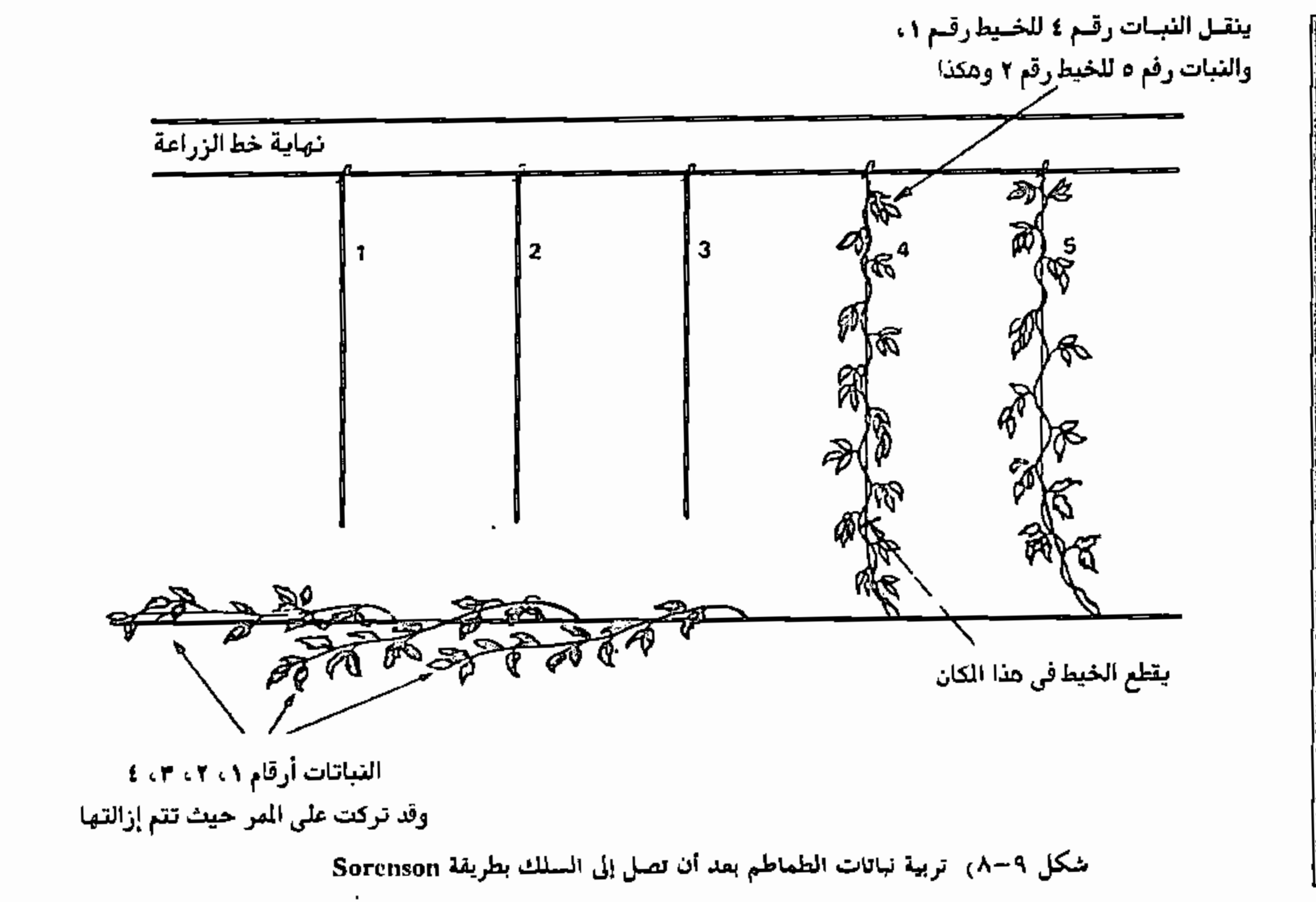
وفى طريقة أخرى للتربية يرخى الخيط عند اقتراب النباتات من السلك العلوى، ويخفض النبات نحو ٨٠ سم. ويكرر ذلك كلما اقتربت القمة النامية من السلك العلوى ويتطلب ذلك استعمال خيط بطول مناسب منذ البداية، ليمكنه استيعاب كل النمو

النباتى. ونظرًا لأن الثمار السفلية يكون قد تم جمعها، والأوراق السفلية تكون قد أزيلت؛ لذلك فإنه يمكن دفن الجزء السفلى من الساق فى التربة، مع الحذر حتى لا تكسر الساق. وإذا حدث وكسرت الساق جزئيًا، فإنه يجب دفنها جيدًا فى التربة لتشجيع تكوين جذور عرضية، مع ضرورة رى التربة جيدًا فى تلك المنطقة. هذا .. ويجب أن يبقى دائمًا نحو ١٢٠ سم من النمو الخضرى والعناقيد الزهرية فى الجزء العلوى من النبات (عن Resh ١٩٨١). وتعرف هذه الطريقة للتربية باسم طريقة الترقيد Layering method. وتوجد منها عدة نظم؛ منها الـ Hook Layering (شكل ٩-٧)، والـ Sorenson method (شكلا ٩-٨، ٩-٩) (عن Fuller ١٩٧٣).

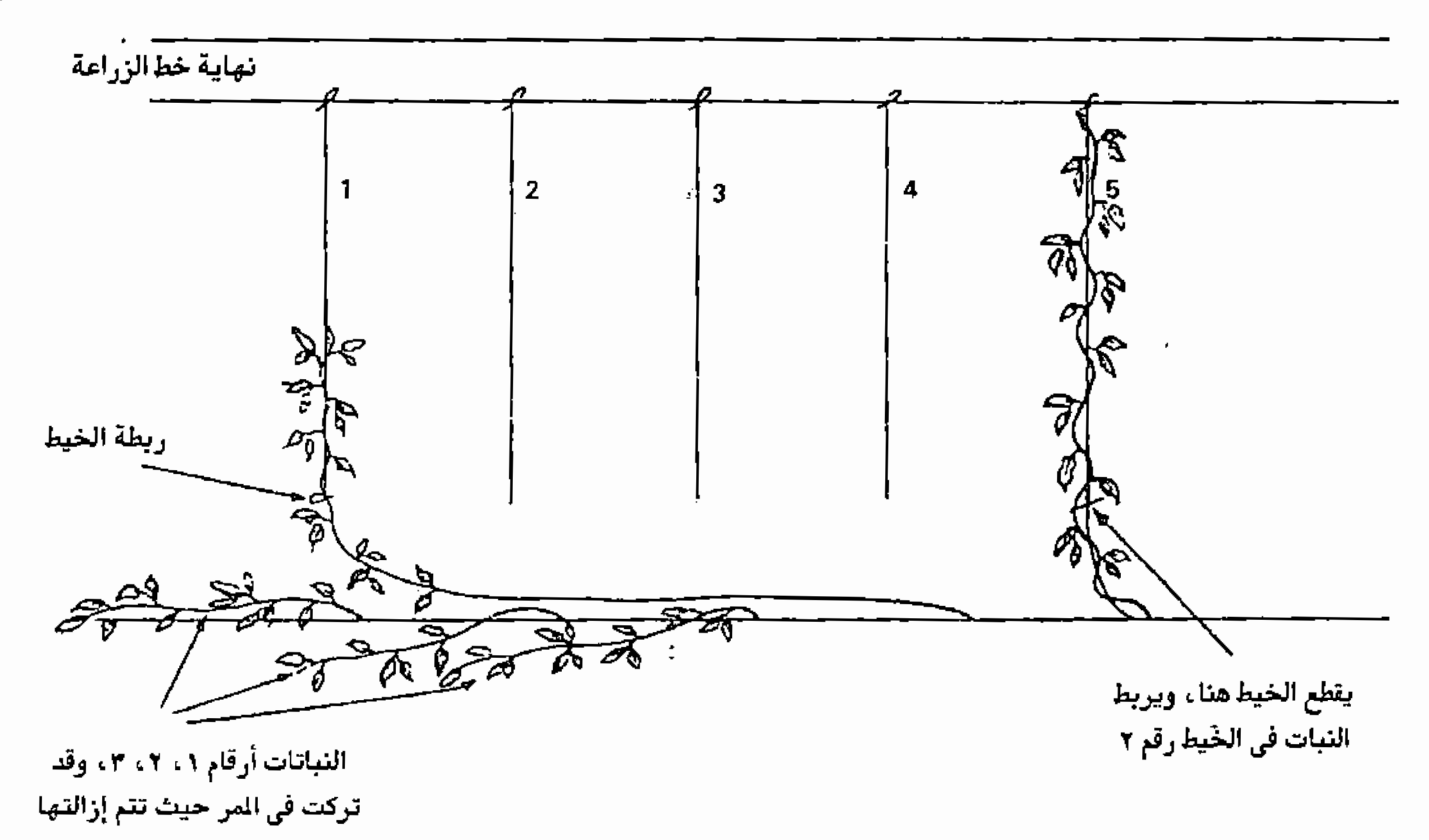
وقد استحدثت فى اليابان طريقة جديدة لتربية وتقليم الطماطم تتلخص فى تكرار إزالة القمة النامية للنبات. تُزال القمة النامية لأول مرة بعد تكوين ورقتين أعلى العنقود الزهرى الثانى. يؤدى ذلك إلى نمو فرع جانبى من البرعم الموجود فى إبط الورقة التى تقع أسفل العنقود الأول مباشرة. يوجه هذا الفرع الجديد على الخيط، ثم تُزال قمته النامية بالطريقة السابقة نفسها ... وهكذا.



شكل (٩-٧): تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة الـ Hook layering.



شكل ٩-٨) تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson



(شكل ٩-٩): تابع تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson

يؤدى هذا النظام فى تربية وتقليم النباتات إلى زيادة المحصول بنسبة ٣٣٪-٤٩٪، مقارنة بالنظام العادى الذى تُزال فيه جميع الفروع الجانبية. وتكون النباتات المرباة بهذا الطريقة أقوى نمو وأغزر إنتاجًا (عن Kanahama ١٩٩٤)

هذا ولزيادة عدد الفروع/نبات عيوبها ومزاياها، وعيوبها أكثر من مزاياها، ويفضل عدم اللجوء إلى هذا الإجراء إلا عند غياب الجور المجاورة، أو عندما تكون الكثافة النباتية منخفضة أصلا فقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أن تربية فروع إضافية (إلى جانب الساق الرئيسية للنبات) أدت إلى نقص المحصول المبكر الصالح للتسويق، على الرغم من أنها أدت إلى زيادة عدد الثمار المنتجة/م٢، وزيادة المحصول الكلى الصالح للتسويق ولكن لم تحدث الزيادة الأخيرة إلا عندما كانت الكثافة النباتية منخفضة (٢,٠٤ نبتا/م٢، مقارنة بالكثافة العالية: ٣,٠٦ نبات/م٢). وبصورة عامة .. فإن تربية فروع جانبية إضافية أدت إلى نقص متوسط وزن الثمرة، ونقص نسبة محصول الثمار الكبيرة الحجم المطلوبة، ولكن مع ازدياد تجانس حجم الثمار خلال موسم الحصاد فى حالة الكثافة النباتية المنخفضة.

ومع قرب انتهاء موسم الحصاد يفضل ترك بعض الفروع الجانبية عند مستوى السلك حامل المحصول، لأجل تظليل العناقيد العلوية وحمايتها من الإصابة بلفحة الشمس.

نظام العنقود الثمرى الواحد للتربية

اقترح نظام العنقود الثمرى الواحد لإنتاج الطماطم فى المزارع المائية بهدف الإنتاج على مدار العام، بزراعة المحصول ما لا يقل عن خمس مرات فى السنة. يتميز هذا النظام بسهولة تداول النباتات أثناء التقليم، والتلقيح، والرش، والحصاد، وبتعظيم الاستفادة من الضوء الطبيعى والإضاءة الإضافية، وزيادة كفاءة العمال، وزيادة كفاءة استغلال المكان بالنظر إلى أن النباتات تنمو على بنشات متحركة

وتعد أكبر مساوئ هذا النظام عدم الاستفادة من الحيز الرأسى للبيت المحمى بشكل جيد، نظرًا لأن النباتات تُزال تمامًا بعد حصاد العنقود الأول وبذا . فإن الاستفادة لا

تكون بالقدر الممكن من البذور والصوف الصخرى والأسمدة ... إلخ، وكذلك من الطاقة المستنفذة لإيصال النباتات إلى مرحلة الإنتاج. هذا .. فضلاً عن إنه بمجرد إعداد النبات لإنتاج عنقود واحد، فإن أى ضرر قد يحدث لهذا العنقود أثناء التلقيح أو السرطنة أو أى عملية زراعية أخرى يترتب عليه وجود نبات بدون ثمار. كذلك فإن إدارة الزراعة تكون أكثر تعقيدًا بالنظر لوجود أكثر من محصول فى مراحل مختلفة من تطورها فى الصوبة الواحدة (عن Logendra وآخرين ٢٠٠١).

وفى محاولة لتحديد أفضل عدد من العناقيد التى يسمح بإنتاجها من محصول الطماطم المحدود العدد من العناقيد، وأفضل كثافة نباتية للزراعة، وجد ما يلى:

١- ازداد محصول الثمار عند السماح بإنتاج عنقودين بالنبات بمقدار ٣٠٪-٤٠٪ عن المحصول عند السماح بإنتاج عنقود واحد، ولم يختلف النظامين اختلافًا يُذكر فى تواريخ الحصاد ومدته.

٢- لم يختلف محصول الثمار عند السماح بإنتاج ثلاثة عناقيد بالنبات جوهريًا عن المحصول عند السماح بإنتاج عنقودين، بينما تأخر الحصاد بمقدار خمسة أيام.

٣- أثرت الكثافات النباتية ٥,٥، و ٧,٤، و ٩,٢ نبات/م٢ على محصول كل نبات على حدة لكنها لم تؤثر على المحصول من وحدة المساحة.

وباعتبار تكلفة البذور والعمالة التى تلزم للزراعة الكثيفة، فإنه يوصى بأن تكون كثافة الزراعة ٥,٥ نبات/م^{٢}، مع السماح بحصاد عنقودين ثمريين، والإبقاء على ورقتين أعلى العنقود الثانى (Logendra وآخرون ٢٠٠١).

إزالة الأوراق السفلية

تتم إزالة الأوراق السفلية لنبات الطماطم بطريقة روتينية فى الزراعات المحمية من أجل تقليل احتمالات الإصابة بالأمراض (عن طريق تحسين التهوية بزيادة حركة الهواء حول قاعدة النباتات). وتبكير نضج الثمار، وتسهيل التعامل مع النباتات، وتسهيل عملية الحصاد بكشف العناقيد الثمرية. تتم إزالة الأوراق حتى مستوى العنقود الذى

أوشكت ثماره على النضج، ويعنى ذلك أن بعض الأوراق تتم إزالتها قبل أن تظهر عليها أعراض الشيخوخة Senescence بوضوح.

يقل كثيرًا إسهام الأوراق السفلية لنباتات الطماطم فى تجهيز الغذاء، لدرجة أن إزالة تلك الأوراق وحتى ثانى عنقودين – بعد العنقود السفلى الذى يحمل ثمارًا فى مرحلة النضج – لم يؤثر على المحصول المنتج مقارنة بالمحصول فى حالة الاكتفاء بإزالة الأوراق التى توجد أسفل العنقود الذى يحمل ثمارًا فى مرحلة النضج، وربما كان مرد ذلك إلى ضعف نفاذية الضوء إلى الأوراق السفلى، مما يجعل إسهامها فى البناء الضوئى ضعيفًا (Adams وآخرون ٢٠٠٢).

ومع أن الأوراق السفلية لا يصل إليها القدر الكافى من الإضاءة لجعلها مفيدة للنبات (من خلال عملية البناء الضوئى) أكثر من كونها عالة عليه (من خلال استهلاكها للغذاء بالتنفس)، إلا أن لإزالة الأوراق أكثر مما يجب تأثيراتها السلبية على النبات، فهى تؤخر الإزهار، وتقلل المحصول المبكر والكلى؛ لذا لا ينبغى أن تزال الأوراق لأكثر من مستوى العنقود الحامل لثمار ناضجة

وعموما فإن المستوى يتحدد بكثافة الزراعة، وبمدى النقص فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت؛ فتكون إزالة الأوراق أكثر فاعلية عند زيادة كثافة الزراعة؛ حيث تقل شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق السفلية، وعندما ينخفض تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ وهو الأمر الذى يحدث عندما تظل البيوت مغلقة لفترة طويلة أثناء النهار بسبب انخفاض درجة الحرارة فى الجو الخارجى (Slack ١٩٨٦)، وكذلك عند الرغبة فى زراعة عروة جديدة – بين النباتات النامية – لكى تتوفر الإضاءة للشتلات الجديدة.

وينتج نبات الطماطم – عادةً – بين ٦ و ٨ أوراق قبل العنقود الزهرى الأول، وكلما قل العدد (لأسباب وراثية أو بيئية) كان النبات أكثر تبكيرًا فى الأزهار. ويتأثر عدد الأوراق المتكونة قبل العنقود الزهرى الأول بعديد من العوامل البيئية (Dielemsn & Heuvelink ١٩٩٢).

تُزال الأوراق بثنيها — من قاعدتها — سريعًا إلى أعلى، ثم تُرش النباتات بأحد المبيدات الفطرية المناسبة لأجل وقايتها من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerae*، الذى ينتشر بكثرة فى وجود الجروح التى تنشأ عن إزالة الأوراق. ويتم التخلص من الأوراق المزالة خارج البيت؛ حتى لا تكون مصدرًا لانتشار الأمراض.

وتتم عملية خف الأوراق فى نفس وقت عملية إمالة وخفض وترقيد الجزء السفلى من سيقان النباتات عند وصول قمتها إلى السلك العلوى. وقبل إمالة النباتات تتم إزالة حوالى ٤-٦ أوراق من تلك التى توجد بقاعدة الساق. ومن المفضل أن تكون إزالة الأوراق بالقص أو بالقصف اليدوى، بحيث لا تترك وراءها قواعد لحمية أو جروح كبيرة تكون منفذًا للإصابات المرضية. كذلك يتعين التخلص من العناقيد التى قطفت منها الثمار بذلك الجزء من الساق. يلى ذلك إما إمالة الساق بحيث تصبح هناك مسافة ٢٠-٢٥سم بين أرضية الصوبة وأول الأوراق. ويعنى ذلك — عادة — خفض النباتات بمقدار ٤٥-٦٠ سم. ويفضل إجراء عملية الإمالة تلك كل نحو ١٠-١٤ يومًا، لكى لا تكون هناك ضرورة لإزالة عدد كبير من الأوراق مرة واحدة.

ويتعين التخلص من الأوراق المزالة فى حفرة خارج الصوبة، مع تنظيف أرضية الصوبة من أى مخلفات نباتية قد تتجمع عليها (Hochmuth ١٩٩٠).

تحسين عقد الثمار

يقل أحيانًا عقد ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية بسبب عدم توفر الرياح التى تحدث اهتزازات فى النباتات، وتساعد على انتقال حبوب اللقاح من الأنبوبة السدائية لمبسم الزهرة، وتزداد حدة هذه الحالة عند انخفاض شدة الإضاءة، مع انخفاض درجة الحرارة كما فى المناطق الباردة شتاءً حيث يقل إنتاج حبوب اللقاح، وتصبح متكتلة، كما تميل مياسم الأزهار إلى البروز من الأنبوبة السدائية، وجميعها عوامل تقلل من فرصة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار لإحداث العقد. وتعالج هذه الحالة بعدة وسائل كما يأتى بيانه.

إحداث اهتزازات بتيار قوى من الهواء

يتم توجيه تيار قوى من الهواء من air-blast sprayer أو leaf blower نحو العناقيد الزهرية على فترات لأجل هزها وتحرير وإطلاق حبوب لقاحها. وتلك طريقة سهلة وسريعة

هز أسلاك حمل النباتات آلياً

يتم هز الأسلاك الحاملة للنباتات هزًا شديدًا باستعمال هزاز خاص يتصل بها، وذلك بين العاشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر ويتطلب اتباع تلك الطريقة التأكد من متانة أسلاك الحمل ومن ربط النباتات جيدًا بخيوطها ليكون الهز فعالاً تجرى تلك العملية — عادة — أو أتوماتيكيًا بالاستعانة بساعة توقيت ويمكن ضبط الهز لمدة ٥–١٠ ثوان يوميًا. أو لثوان قليلة فى الحادية عشرة صباحًا، ثم مرة أخرى فى الثانية بعد الظهر. ويساعد الهز صباحًا ومساءً فى التغلب على مشاكل كثرة الضباب والرطوبة صباحًا فى بعض الأيام

وعلى الرغم من سهولة إجراء عملية الهز الميكانيكى تلك فإن لها بعض العيوب، مثل:

أ- تؤدى هذه العملية إلى تلقيح جميع الأزهار المتفتحة حتى تلك التى تظهر على الأجزاء لسفلى من سيقان النباتات، وهذه الأزهار (وهى التى تترك — عادة — دون تلقيح فى حالة الهز اليدوى) تعطى عند عقدها ثمارًا لا يتوفر لها الوقت الكافى لنضجها، بينما هى تنافس الثمار الأخرى العاقدة المرغوب فيها على الغذاء المجهز

ب- حدوث أضرار فيزيائية لسيقان النباتات حيث يتكرر الاحتكاك بين الخيوط والسيقان جراء عملية الهز وهذه الأضرار قد تشكل منافذ للإصابات المرضية.

جـ- قد يؤدى الهز العنيف إلى تقصف النباتات الرهيفة.

د- قد تعانى النباتات — التى تتعرض للهز لأكثر من ٦٠ ثانية يوميًا من الشدّ الميكانيكى الذى يؤدى إلى إبطاء نموها (Hochmuth ١٩٩٠).

استخدام هزاز العناقيد الزهرية الميكانيكى

يتم إحداث اهتزازات سريعة بالعناقيد الزهرية باستخدام آلة يدوية صغيرة تعمل بالبطارية، وتعرف باسم Mechanical Vibrator أو Electric Bee، ويكفى مجرد لمس ذراع الآلة الهزازة لقاعدة العنقود الزهرى لإحداث التأثير المطلوب، وتفيد هذه الطريقة فى المناطق والأوقات التى تنخفض فيها شدة الإضاءة. وتزداد الحاجة إليها فى الجو البارد وفى الرطوبة العالية، حيث تكون حبوب اللقاح قليلة العدد ولزجة وملتصقة بعضها ببعض.

وللحصول على أفضل النتائج يفضل إجراء عملية الاهتزاز هذه بين الحادية عشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر فى الجو الصحو عندما تكون الأزهار جاهزة للتلقيح. وتعرف هذه المرحلة بانحناء البتلات للخلف. وتكرر هذه العملية مرة كل يومين، طالما وجدت أزهار غير عاقدة بالعنقود، علمًا بأن الزهرة يمكن أن تتلقح على مدى ثلاثة أيام عندما تكون كاملة التفتح ولا توجد جدوى من إجراء الهز أكثر من ثلاث مرات أسبوعيًّا (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن حبوب اللقاح تكون فى أفضل حالتها للتلقيح عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪. وفى درجات الرطوبة الأكثر من ذلك فإنها تكون مبتلة ولزجة، فتقل فرصة التلقيح الجيد، بينما تجف حبوب اللقاح فى درجات الرطوبة الأقل من ذلك. ويتراوح المدى الرطوبى المناسب بين ٦٠٪، و ٧٥٪. هذا .. ولا تفيد عملية الهز فى الجو الغائم الذى لا تتحرر فيه حبوب اللقاح (Marr ١٩٩٥). وإذا استمر الجو غائمًا لفترة طويلة، فإن أفضل ما يمكن عمله هو خفض الرطوبة النسبية خلال فترة إجراء عملية التلقيح بالتدفئة، مع التهوية لأجل المحافظة على الحرارة فى المجال المناسب. يُساعد ذلك فى جفاف الهواء والأزهار ومنع تكتل حبوب اللقاح (Snyder ٢٠٠١).

ويذكر Ilbı & Boztok (١٩٩٤) أن استعمال الهزاز فى التاسعة صباحًا مرتين أسبوعيًّا لمدة ثانية واحدة، أو ثلاث ثوان، أو خمس ثوان أحدث — فى المتوسط — ٧٥٪ زيادة فى المحصول دون وجود فرق جوهرى فى المحصول بين فترات المعاملة.

إن أفضل حرارة لتلقيح أزهار الطماطم بالهزاز الميكانيكى تتراوح بين ٢١، و ٢٨°م، والرطوبة المثلى هى — كما أسلفنا — ٧٠٪. وعند زيادة الرطوبة النسبية عن ٨٠٪ تلتصق حبوب اللقاح بعضها ببعض ولا تنفرط وعند انخفاض الرطوبة عن ٦٠٪ لفترة طويلة قد تجف المياسم فلا تلتصق بها حبوب اللقاح. وفى الظروف المثلى يحدث الإخصاب بعد التلقيح بنحو ٤٨ ساعة

تُجرى عملية الهز لكل عنقود توجد به أزهار متفتحة — وليس لكل زهرة — لمدة حوالى نصف ثانية بلمس قضيب الهزازة لساق العنقود قبل أول زهرة فيه ويجب الحرص على عدم لمس الأزهار حتى لا تُضار، وهو الأمر الذى يؤدى إلى تكون ثمار مضارة ويتطلب كل فدان من البيوت المحمية (حوالى ١٠٠٠٠ نبات) حوالى ٥–٦ ساعات من العمل لإجراء عملية التلقيح فى كل مرة.

وعند وجود ١٠٠٠٠ نبات طماطم أو أكثر تحت سقف واحد يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الاعتماد على النحل الطنّان فى التلقيح (Snyder ٢٠٠١).

استعمال منظمات النمو

يتم رش الأزهار بأحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو التى تساعد على تحسين العقد (مثل التوماتين) تجرى المعاملة بمعدل مرتين أسبوعيًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة، مع مراعاة عدم رش الأوراق بمحلول منظم النمو حتى لا تتشوه وتبدأ المعاملة بعد تفتح ٣–٤ أزهار بالعنقود الزهرى.

ومن أكثر المنظمات استعمالا لهذا الغرض ما يلى (عن Weaver ١٩٧٢):

منظم النمو	التركيز المناسب (جزء فى المليون)
Para-chlorophenoxyacetic acid (4-CPA)	١٥
β-naphthoxyacetic acid (βNOA)	٥٠
α-ortho–chloropropionic acid	٤٠

وفى الدول الشمالية التى تُنتج فيها الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً، فإن

النباتات لا تتعرض لانخفاض درجة الحرارة فقط، بل لضعف شديد في شدة الإضاءة كذلك ومع استمرار انخفاض شدة الإضاءة يضطر المزارعون إلى إبقاء الحرارة منخفضة نسبيًا؛ حتى لا يكون النمو النباتي رهيفًا وضعيفًا. وفي هذه الظروف .. يكون النقص في المواد الكربوهيدراتية المجهزة من أكثر العوامل تأثيرًا على الإزهار، والعقد، ونمو الثمار؛ حيث يتحسن ذلك كله عند أية زيادة في شدة الإضاءة، ولا تجدى المعاملة بمنظمات النمو في تحسن العقد مع استمرار انخفاض شدة الإضاءة.

وفي محاولة لدراسة جدوى المعاملة بمنظمات النمو تحت هذه الظروف، قام Picken & Grimmett (١٩٨٦) بمعاملة العناقيد الزهرية لصنفى الطماطم ماراثون Marathon، وسوناتين Sonatine بمنظمى النمو: بيتا نفثوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى بيتابال Betapal) وباراكلوروفينوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى توماتوتون Tomatotone). وقد وجدا أن البيتابال حسن العقد في حرارة ليل ١٦°م، بينما أدت المعاملة بالتوماتوتون إلى تحسين العقد في حرارة ليل ١٣°م، إلا أن الزيادة في المحصول في كلتا الحالتين كانت قليلة، وتشوهت نسبة عالية من الثمار، حيث كانت غير منتظمة الشكل؛ مما شكك في الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المعاملات في ظروف كهذه الظروف التي تقل فيها شدة الإضاءة.

ويوصى Varayos وآخرون (١٩٩٢) باستعمال منظم النمو 4-CPA لتحسين عقد الثمار في حالات عقم حبوب اللقاح، واللجوء إلى الهزاز الكهربائي لمعاملة النباتات الخصبة.

وُوجد عند مقارنة محصول الطماطم لدى معاملة أزهارها بالـ 4-CPA بتركيزات تراوحت بين ١٥، و ٩٠ جزء في المليون أن أعلى محصول وأحسن جودة للثمار كانا عند رشها مرتين بتركيز ٦٠ جزء في المليون، علمًا بأنه لم يكن لمنظم النمو أى متبقيات في الثمار الناضجة (Ozguven وآخرون ١٩٩٨).

استخدام النحل في التلقيح

قارن Banda & Paxton (١٩٩١) عدة معاملات لأجل تحسين العقد في صنف

الطماطم كيلوباترا Cleopatra فى الزراعات المحمية الصيفية فى المملكة المتحدة. وقد ازداد كل من نسبة عقد الثمار، وحجم الثمرة، ووزن الثمرة، وعدد البذور/ثمرة — فى مختلف معاملات التلقيح — كما يلى: معاملة الشاهد < نحل العسل منفردًا < الهزاز < نحل العسل + الهزاز < النحل الطنّان منفردًا Bumble bees (*Bombus* spp) < النحل الطنّان + الهزاز

وقد بدأ الاتجاه نحو استعمال النحل بنوعيه (نحل العسل والنحل الطنّان) فى تلقيح الطماطم بعد زيادة الاعتماد على وسائل المكافحة الحيوية فى زراعات الطماطم المحمية.

ويعترض Cribb وآخرون (١٩٩٣) على استعمال النحل الطنّان *Bombus terrestris* فى تلقيح الطماطم لعدة أسباب، منها: صعوبة إدامة خلاياه على مدار العام، وقلة أعداد الشغالات فيها — الأمر الذى يستلزم توفير عدة خلايا منه لتأمين التلقيح اللازم للطماطم بالكفاءة المطلوبة — وحمل هذا النحل للأكاروس المتطفل *Varroa jacobsoni*، الذى يعمل — بدوره — كعائل لفيرس الجناح المشوه deformed wing virus، الذى تؤدى الإصابة به إلى موت نحل العسل *Apis mellifera*. وبالمقارنة .. فإن نحل العسل يخلو تمامًا من جميع هذه العيوب. فى الوقت الذى يقوم فيه بزيارة أزهار الطماطم والمساعدة على تلقيحها بشكل جيد. كما يؤدى إلى زيادة المحصول وتحسين نوعية الثمار.

هذا .. إلا أنه أمكن تحسين عقد الثمار فى هجين الطماطم Arletta المزروع فى الصوبات — بصورة اقتصادية — وذلك بالاستعانة بنوع النحل الطنّان *Bombus terrestris* خلال موسمى الخريف والشتاء تحت ظروف كاتانيا Catania فى إيطاليا، إلا أن نشاط النحل انخفض مع الارتفاع المنتظم فى درجة الحرارة بدايةمن منتصف شهر مارس (Colombo وآخرون ١٩٩٢).

ولقد أوضحت دراسة قُورن فيها استخدام النحل الطنان باستخدام آلة إحداث الاهتزازات (الـ vibrator أو الـ electric bee) عدم وجود فروق بينهما فيما يتعلق بعقد الثمار، وعدد البذور بالثمرة، وحجم الثمرة، والمحصول، وذلك فى ظروف الجو المعتدل

الحرارة في صوبات غير مدفأة. أما في ظروف البرد الشديد فإن النحل الطنّان كان أكثر كفاءة من استخدام آلة إحداث الاهتزازات ٢–٣ مرات أسبوعيًا. وحتى في وجود كميات قليلة من حبوب اللقاح بالأزهار فإن استخدام النحل الطنّان أحدث نسبة عالية من العقد، ولم يتساوى تأثير آلة إحداث الاهتزازات مع النحل الطنّان في تحسين العقد في تلك الظروف القاسية إلاّ عندما استخدمت يوميًا (Pressman وآخرون ١٩٩٩).

وقد قُورنت بعض الطرق لتحسين العقد في الطماطم (استخدام النحل الطنّان ، وهز العناقيد، والرش بالأوكسين) في كل من الزراعات المحمية المبكرة والمتأخرة كانت جميع الطرق أكثر فاعلية في الزراعة المبكرة في الربيع عما كانت عليه في الزراعة المتأخرة في الصيف والخريف (في كاتالونيا بإسبانيا)، وكانت أكثر الوسائل المستخدمة فاعلية في كلتا الزراعتين هي الاستعانة بالنحل الطنّان ولقد كانت طريقتا هز العناقيد والرش بالأوكسين فعالتين في زيادة الإنتاج في الزراعة المبكرة، ولكنهما لم يكونا مؤثرتين في الزراعة المتأخرة. هذا إلاّ أن معاملة المحصول المبكر بالأوكسين أدت إلى تكوين بعض الثمار بجزء بارز (حلمة) عند طرفها الزهري. ولم يتأثر التبكير في النضج بأي من المعاملات، على الرغم من تحسين كل المعاملات للعقد، وظهر أفضل تأثير خلال فترات انخفاض الحرارة في الزراعة المبكرة، والتي قل فيها إنتاج حبوب اللقاح الخصبة وضعف انطلاقها وتحررها من المتوك (Martın-Closas ٢٠٠٨).

ومن ناحية أخرى فقد تبين أن فيرويد اصفرار وتقزم الطماطم tomato chlorotic dwarf viroid يتواجد بكثرة في أزهار نباتات الطماطم المصابة، وأن النحل الطنّان – *Bombus ignitus* – المستخدم في المساعدة في تلقيح الأزهار في البيوت المحمية – ينقل هذا الفيرويد من نبات لآخر (Matsuura وآخرون ٢٠١٠).

ويُستفاد – كذلك – من النحلة المخططة بالأزرق blue-banded bee (وهي: *Amegilla* spp.) في تلقيح الطماطم في الزراعات المحمية بأستراليا، حيث وجد في إحدى الدراسات أنها أدت إلى زيادة وزن الثمار بنسبة ١٥٪–٢٠٪، وكانت مماثلة في

تلقيحها لأزهار الطماطم مع كل من النحل الطنَّان bumblebees والنحل "النجار" carpenter bees تعمل تلك النحلة في حرارة تتراوح بين ٢٠، و ٤٠°م، وبذا فإن نشاطها لا يتوقف نهارًا، حتى ولو ارتفعت حرارة هواء الصوبة إلى الثلاثينيات، هذا في الوقت الذي ينخفض أو يتوقف فيه نشاط النحل الطنَّان عند ٣٠-٣٢°م.

ولهذه النحلة القدرة على التكاثر داخل الصوبات اعتمادًا في تغذيتها على حبوب لقاح الطماطم فقط وهي شديدة النشاط ويمكنها زيارة حوالي ١٢٠٠ زهرة طماطم في اليوم الواحد ويلزم نحو ٢٥٠ من إناثها لكل هكتار من البيوت المحمية (١٠٠ لكل فدان) ويجب تثبيت أسلاك على فتحات التهوية، وإلا فإن النحل يمكن أن يتسرب خارج الصوبة (Hogendoorn & Keller ٢٠٠٦).

علاقة حيز النمو الجذري بالقدرة على العقد في الحرارة المنخفضة

أدى تقليل حيز النمو الجذري لنباتات الطماطم إلى ٣ لترات/إصيص، مقارنة بـ ١٠، أو ١٦ لترًا — إلى زيادة خصوبة حبوب اللقاح عندما كانت حرارة الهواء منخفضة. ففي حرارة نهار ليل ٢٠/٤°م، أظهر صنف الطماطم مني ميكر Moneymaker الحساس للحرارة المنخفضة — عند زراعته في الأصيصين الصغيرين (٣، و ١٠ لترات) — زيادة جوهرية في نمو حبوب اللقاح في البيئة الصناعية، وفي صبغها بالأسيتوكارمن، وفي عدد حبوب اللقاح المنتجة/زهرة. هذا .. بينما لم تتأثر حبوب لقاح السلالة PE-45 المتحملة للبرودة بحجم الأصيص وبدراسة نمو حبوب اللقاح في مياسم أزهار النباتات، لم يحدث أي نمو لحبوب لقاح مني ميكر في حرارة ٢٠/٤°م إلا عندما كانت الأصص بحجم ٣ لترات وبالنسبة لهجين الجيل الأول بين السلالتين فإن تأثير حجم أصيص الزراعة على حبوب لقاحه كان مماثلاً لتأثيره على الصنف مني ميكر باستثناء التأثير على عدد حبوب اللقاح المنتجة الذي لم يتأثر وربما يمكن تفسير انخفاض التأثير السلبي للحراره المنخفضة على حبوب اللقاح عندما تكون زراعة النباتات في أصص بحجم ٣ لترات — ولو جزئيًا — بالارتفاع الذي يحدث في حرارة تلك الأصص نهارًا،

مقارنة بما يكون عليه الحال فى الأصص الأكبر حجمًا، بما يعنى أن إنتاج ثمار الطماطم فى ظروف حرارة الليل المنخفضة عند زراعتها فى أصص صغيرة ربما لا يكون دليلاً صحيحًا للتنبوء بمحصول النباتات النامية فى تربة الصوبة شتاءً (Dominguez وآخرون ٢٠٠٢).

خف الثمار

تحتوى عناقيد معظم أصناف الطماطم على نحو ١٠ أزهار. قد يعقد منها من ٦-٨ أزهار لتكون ثمارًا. هذا العدد من الثمار يكون زائدًا فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم؛ لأن ترك الثمار الزائدة يجعل الثمار كلها رديئة التكوين، حيث يقل حجمها، ويسؤ شكلها، وتضعف جودتها، وينعدم تجانسها. ويسؤ الشكل نظرًا لأن الثمار الكثيرة العاقدة فى العنقود الواحد تكون متضاغطة وتؤثر فى بعضها البعض أثناء نموها كذلك تكون هذه الثمار صغيرة الحجم، وأكثر عرضة للإصابة بالنضج المتبقع.

وللتغلب على هذه المشاكل يتعين خف الثمار بالعنقود إلى العدد المناسب، وهو ٣-٤ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة مع الرغبة فى إنتاج تلك الأحجام، و ٤-٥ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار المتوسطة الحجم. أما الأصناف العنقودية فلا تُخف منها إلا الثمار المخالفة فى الشكل والصغيرة جدًا، ولكن يفضل أن يتبقى بالعنقود ٥-٧ ثمار ولا تخف أى ثمار من الأصناف العنقودية ذات الثمار الصغيرة.

يتعين إجراء عملية خف العناقيد مرة واحدة أسبوعيًا، فذلك يسمح بعقد عدة ثمار بالعنقود؛ بما يسمح باختيار الثمار التى يلزم خفها، وتلك التى يتقرر الإبقاء عليها. ويُبنى الاختيار على أساس الإبقاء على أكثر الثمار تجانسًا فى الحجم والشكل،مع خف الثمار المتشققة والمشوهة أيًّا كان حجما.

كما يتعين أثناء الخف عدم خدش أو حك الثمار التى يتقرر الإبقاء عليها؛ علمًا بأن الخدوش الصغيرة التى تحدث بالثمار فى مرحلة مبكرة من نموها تصبح كبيرة وقت

الحصاد ويكون من المفيد فحص العناقيد التى تم خفها بعد أسبوع آخر أو أسبوعين للتخلص من أى ثمار جديدة تكون قد عقدت بها ويعد خف العناقيد ضرورة حتمية عندما تجرى عملية المساعدة على التلقيح بطريقة الهز الأتوماتيكى (Hochmuth ١٩٩٠)

وقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أنه بإزالة الثمار الطرفية من العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى. بواقع ٣٠٪ من الثمار المتوفرة فى كل عنقود منها، ازداد متوسط وزن الثمار المتبقية، بينما قل محصول الثمار الصغيرة جوهريًا وعلى الرغم من أن المحصول الكلى لهذه العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى انخفض بمقدار ١٦٪، إلا أن محصول العناقيد التالية لها ازداد إلى درجة عوضت هذا النقص

ويكون خف الثمار فى المراحل المبكرة جدًا من نموها، ويفضل إجراء ذلك وهى فى حجم بذرة البسلة تقريبًا كذلك تجب إزالة الثمار التى تتوقف عن النمو لأى سبب كان، والثمار التى تظهر عليها إصابات مرضية أو حشرية واضحة، أو عيوب فسيولوجية تحط من صلاحيتها للتسويق، وكذلك الثمار المشوهة. وأفضل وقت للتخلص من جميع هذه الثمار هو بمجرد ملاحظتها؛ لتوفير حصتها من الغذاء المجهز لغيرها من الثمار التى تصلح للتسويق

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية التى تظهر بالطماطم فى الزراعات المحمية. ما يلى

سقوط الأزهار دون عقد

تفشل الأزهار فى العقد إذا لم تلقح بالهز، وفى الجو الغائم باستمرار عند تفتح الأزهار، وعندما تزيد الحرارة عن ٣٥°م أو تقل عن ١٣°م يوم تفتح الزهرة، وعند الأفراط فى التسميد الآزوتى، وبخاصة فى الجو الغائم، وعندما تستمر التربة رطبة أكثر مما يلزم للنمو الجيد

النباتات الطويلة النحيلة

تصبح النباتات طويلة ونحيلة ورهيفة spindly فى أى من الحالات التالية:

١- ارتفاع حرارة الليل بشدة.

٢- عدم مناسبة pH التربة.

٣- عدم كفاية التسميد، وخاصة بالفوسفور.

٤- زيادة التظليل أو الجو الغائم.

٥- زيادة التسميد الآزوتى فى الجو الغائم.

٦- الإفراط فى الرى.

٧- وجود مشاكل بالجذور كالإصابة بالنيماتودا (Marr ١٩٩٥).

الموت الجزئى لجذور النباتات

تتعرض جذور النباتات غير المحدودة النمو — مثل الطماطم — إلى موت جزئى عندما تكون النباتات فى أوج نموها، فى بداية فترة حملها الغزير. ويحدث ذلك — خاصة — فى الأيام الصحوة بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم؛ حيث تظهر على النباتات أعراض ذبول جزئى بعد الظهيرة. ويقف المنتج — الذى يرى نباتاته تذبل أما عينيه قبل أن يحصد منها شيئًا يذكر — حائرًا أمام هذه الظاهرة.

وفى مزارع تقينة الغشاء المغذى يمكن رؤية الموت الجزئى للجذور بسهولة، ولكن هذه الظاهرة ليست مقصورة — بأية حال — على مزارع تقنية الغشاء المغذى، وإنما هى تحدث فى جميع أنواع المزارع اللاأرضية التى يكون النمو الجذرى فيها مقصورًا على حيز محدود، كما فى مزارع أكياس البيت، ومزارع الصوف الصخرى. كذلك يحدث هذا الموت الجزئى للجذور — فى هذه المرحلة من النمو النباتى — فى المزارع الحقلية أيضًا، ولكن لا يشاهد فيها الذبول الجزئى؛ نظرًا لتشعب المجموع الجذرى وانتشاره فى التربة.

وتموت الجذور فى هذه المرحلة من النمو؛ نظرًا لقوة النمو الخضرى، وكثرة حملة

الثمار التى تجذب إليها القدر الأكبر من الغذاء المجهز على حساب الجذور التى تضعف ويموت بعضها ولكن الشاهد أن النباتات لا تلبث أن تتغلب على هذه الظاهرة، حيث لا يتوقف فقط موت الجذور، وإنما تتكون جذور جديدة، ويزداد النمو الجذرى — مع تقدم موسم النمو — إلى أكثر مما كان عليه قبل بداية موت الجذور (Cooper ١٩٨٢)

الثمار غير المنتظمة الشكل

تتكون الثمار غير المنتظمة الشكل فى الحالات التالية:

١- الجو الغائم

٢- انخفاض الحرارة أثناء التلقيح

٣- تكون أصناف معينة (خاصة المبكرة ذات الثمار الكبيرة) أكثر حساسية عن غيرها (Marr ١٩٩٥)

التفلق

إن التفلق splitting يختلف عن التشقق cracking، وهو يحدث عند تعرض الثمار لحرارة عالية جدًا، فيتفلق جلد الثمرة نتيجة تعرضها للشد الحرارى. كذلك يمكن أن يحدث التفلق حينما يسود الليل حرارة شديدة الانخفاض، ثم يأتى نهار صحو ترتفع فيه درجة الحرارة

التشققات الدقيقة أو الخشونة

عند حدوث ظاهرة التشققات الدقيقة أو الخشونة russetting يبدو جلد الدرنة خشنًا، خاصة عند الأكتاف ويُظهر الفحص الدقيق لتلك الخشونة وجود آلاف من الشقوق الدقيقة جدًا بسطح الثمرة. وتختلف تلك الظاهرة — تمامًا — عن ظاهرة التشقق بنوعيه (الدائرى والعمودى) تحدث تلك الظاهرة — كذلك — فى الفلفل الحلو، والبطاطس، والكمثرى

وفضلاً عن أن الثمار الخشنة لاتصلح للتسويق، فإنها تكون ضعيفة القدرة على

التخزين، بسبب شدة فقدها للرطوبة من خلال الشقوق الدقيقة التى توجد بجلدها.

هذا . ويمكن أن تزداد حالة خشونة الثمار بعد قطع النموات الخضرية قرب نهاية الموسم، وما يتبع ذلك من تكوين نموات جانبية يحدث معها تنشيط للجذور فى امتصاص الماء والعناصر الغذائية، التى يصل جزء منها للثمار، مما يشكل شدًا على الجلد، فتتكون الشقوق الدقيقة ولذا .. يفضل إما الاستغناء عن عملية قطع النموات الخضرية، وإما الإبقاء على بعض الثمار الصغيرة لخفض الضغط على الثمار التى يُرجى حصادها.

كذلك فإن حرارة الليل المنخفضة مع حرارة النهار المرتفعة تزداد معها حالة الخشونة، ويوصى فى تلك الحالة بالمحافظة على حرارة ليل لا تقل عن ١٨°م (Snyder ٢٠٠١).

ولقد وجد أن ظاهرة الخشونة تزداد تدريجيًا مع خف ثمار العنقود الواحد من ٦ ثمار إلى ثمرتين، أى إنها تتناسب عكسيًا مع الحمل المحصولى. ويصاحب خف الثمار زيادة — ليست فقط فى نسبة الثمار المصابة — وإنما كذلك فى شدة الإصابة بكل ثمرة على حدة هذا ولم تكن لنسبة الأوراق إلى الثمار بالنبات أو الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا أية علاقة بالظاهرة (Demers وآخرون ٢٠٠٧).

ولتقليل احتمالات إصابة الثمار بالخشونة russeting .. يُراعى ما يلى:

١– تجنب التغيرات المفاجئة فى ظروف النمو من حرارة وإضاءة ورطوبة ودرجة التوصيل الكهربائى EC للمحلول.

٢– جعل EC المحلول المغذى عاليًا بالقدر الذى يسمح بالنمو المستمر.

٣– التأكد من أن مستوى البوتاسيوم عال بالقدر المناسب.

٤– تجنب الظروف التى يحدث معها تكثف لبخار الماء على الثمار، مثل سوء التهوية

٥– زراعة الأصناف الأقل حساسية للإصابة (Snyder ٢٠٠١).

ولمزيد من التفاصيل حول ظاهرة تشقق أديم ثمار الطماطم المنتجة فى الزراعات المحمية يمكن الرجوع لـ Dorais وآخرين (٢٠٠٤).

أثر السوستة

يظهر أثر السوستة (المُوزمَلق) zipper scar، أو أثر المتك anther scar على جانب ثمرة الطماطم شبيهًا بالسوستة أو كالأثر الذى تتركه غرز الحياكة. ويحدث ذلك نتيجة لالتصاق المتك بحافة المبيض فى بداية تكوين الثمرة. ومع زيادة الثمرة فى الحجم، يتمزق المتك بعيدًا عن الثمرة تاركًا وراءه أثرًا. وهذه الظاهرة وراثية، وليست وراءها أسباب بيئية (Snyder ٢٠٠١)

تعفن الطرف الزهرى

ترتبط الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بالعوامل البيئية التى تؤثر على امتصاص الكالسيوم وتوزيعه فى النبات، وكذلك بمعدل نمو الثمار (Adams ١٩٩٤).

الحصاد والمحصول

تُحصد ثمار الطماطم فى جميع الزراعات المحمية — حاليًا — يدويًا، ولكن يحاول العلماء تطوير إنسان آلى متحرك لكى يقوم بحصاد الثمار آليًّا وهى فى مرحلة التلوين المناسبة للحصاد

تؤدى معاملة نباتات الطماطم فى الزراعات المحمية بالإثيفون إلى تبكير الحصاد وتركيزه ففى دراسة عُوملت فيها نباتات الطماطم المرباة على عنقود واحد بالإثيفون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون فى مرحلة النضج الأخضر للثمار، أو حينما كانت ٣٥٪ من النباتات حاملة لثمار فى مرحلة التحول، مع حصاد الثمار فى طور النضج الوردى .. أدت المعاملة وقت النضج الأخضر إلى تبكير الحصاد ثلاثة أيام (من ٩٥ يومًا من زراعة البذور إلى ٩٢ يومًا فقط)، وتقصير فترته بمقدار ١١ يومًا (من ٢٢ يومًا فى الكنترول إلى ١١ يومًا فى النباتات المعاملة)، أما إجراء المعاملة عندما كانت ٣٥٪ من النباتات حاملة

لثمار فى مرحلة التحول فلم تختلف نباتاتها فى بداية الحصاد عنه فى نباتات الكنترول، ولكنه تركز فى ١٢ يومًا فقط. وبينما انخفض محصول النباتات التى عوملت بالإثيفون فى مرحلة النضج الأخضر بمقدار ٣٠٪ مقارنة بمحصول نباتات الكنترول، فإن تلك التى عوملت بالإثيفون عندما كانت ٣٥٪ منها حاملة لثمار فى طور التحول لم يتأثر محصولها. هذا .. ولم تتأثر صلابة الثمار ومحتوها من المواد الصلبة الذائبة بمعاملتى الإثيفون، ولكنها كانت أكثر احمرارًا. وبذا .. فإنه بالنسبة لنظم إنتاج الطماطم المحدودة العناقيد فى الزراعات المحمية تكون المعاملة بالإثيفون فعالة فى تقليص فترة الحصاد دون التأثير على صفات الجودة بعد الحصاد (Logendra وآخرون ٢٠٠٤ب).

ويتراوح متوسط محصول الطماطم فى الزراعات المحمية — فى مختلف الدول العربية — بين ٨ و ٢٠ كجم/م٢، بمتوسط عام قدره ١٣,٣ كجم/م٢. ويبلغ متوسط الإنتاج فى مصر ٥ ٩ كجم/م٢ (المنظمة العربية للتنمية الزراعية — جامعة الدول العربية ١٩٩٥). هذا إلا أن الإنتاج المتميز يمكن أن يصل إلى ٢٠ كجم/م٢ فى الزراعات الأرضية العادية (حوالى ١١ طنًا لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢)، وإلى ٣٠ كجم/م٢ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (حوالى ١٦ طنًا لكل صوبة مساحتها ٥٤٠/م٢).

الأمراض والآفات ومكافحتها

تصاب الطماطم فى الزراعات المحمية بالأمراض والآفات نفسها التى تصيب الزراعات المكشوفة، إلا أن الظروف البيئية الخاصة للصوبات، ونظم الزراعة بها، وعمليات الخدمة المتبعة فيها، تزيد من فرصة الإصابة ببعض الأمراض. ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١– تتميز بيئة البيوت المحمية بارتفاع الرطوبة النسبية، وانخفاض شدة الإضاءة مع سوء التهوية (شتاءً)، وتلك ظروف تساعد على انتشار الإصابة بأمراض تعفن الأوراق الرمادى. وتبقع الأوراق، والندوة المتأخرة، والبياض الدقيقى.

٢– يؤدى استمرار زراعة المحصول — مع عدم إجراء عملية تعقيم التربة بصورة

جيدة — إلى زيادة الإصابة بالذبول الفيوزارى، ونيماتودا تعقد الجذور، وتزداد الإصابة فى الجو البرد بأمراض الجذر الفلينى. وعفن الجذور (فيتوفثورا)، وذبول فيرتسيليم

٣- تؤدى كثرة تداول النباتات أثناء الزراعة، والتربية، والتقليم، وعمليات الخدمة الأخرى إلى زيادة الإصابة بأمراض عفن الساق (دايدميللا)، والعفن التاجى (فيوزاريم)، والتقرح البكتيرى، وفيرس موزايك التبغ (Watterson ١٩٨٦)

ونتناول تحت هذا العنوان بعض ما يتعلق بوسائل مكافحة أمراض وآفات الطماطم فى الزراعات المحمية. وكنا قد تناولنا بعض جوانب المكافحة المتكاملة لبعض أمراض الطماطم فى الفصل السابق. ولمزيد من التفاصيل حول أمراض وآفات الطماطم ومكافحتها — بصورة عامة — يمكن الرجوع إلى حسن (١٩٩٨).

إجراءات يتعين مراعاتها من قبل العاملين بالصوبة

يتعين قبل دخول الصوبة غسيل الأيدى بالماء الدافئ والصابون. وبالنسبة للمدخنين ومن يمضغون التبغ عليهم قبل دخول الصوبة شطف أيديهم بمحلول ١٪-٣٪ فوسفات ثلاثى الصوديوم. ثم غسيلها بالماء الدافئ والصابون حتى لا ينتقل فيرس موزايك التبغ عن طريقهم

ونظرًا لأن فيرس موزايك التبغ يمكن أن يعيش على الملابس لفترة طويلة يمكن أن تصل إلى ثلاث سنوات فى الظلام، فإنه من الضرورى تغيير الملابس يوميًا مع غسيلها وتجفيفها فى حرارة عالية

ويفيد غسيل الأحذية بالمرور — قبل الدخول فى الصوبة — على حشية أو ممسحة مشبعة بمطهر ويحسن أن يكون ذلك فى مدخل صغير بين باب خارجى وآخر داخلى للصوبة (Dodson وآخرون ٢٠٠٢).

تعقيم التربة بالتشميس لمكافحة الأمراض الفطرية

أمكن مكافحة لفطر *Pyrenochaeta lycopersici* — مسبب مرض الجذر الفلينى فى

الطماطم – عن طريق تعقيم التربة بالتشميس solarization، وكانت تلك الطريقة مماثلة في كفاءتها للتبخير ببروميد الميثايل، وأكثر كفاءة من استعمال أى من الميتام صوديوم، والميتام بوتاسيوم (Vitale وآخرون ٢٠١١).

مكافحة الإصابات الفيروسية

لمكافحة الأمراض الفيروسية فى الطماطم فى الزراعات المحمية تجب مراعاة ما يلى:

١- الحصول على بذور للزراعة من مصادر موثوق بها، مع التأكد من أن البذور قد استخلصت بطريقة التخمر أو أنها عوملت بالحامض أو بالكلوراكس عند منتج البذور. وإن لم تكن البذور قد سبقت معاملتها، فإنه يتعين معاملتها كما يلى: يُحضر محلول مخفف من مبيض غسيل تجارى يحتوى على ٥,٢٥٪ هيبوكلوريت صوديوم – مثل الكلوراكس – بتركيز ٢٠٪ (لتر من الكلوراكس مع ٤ لتر ماء)، ويستعمل كل ٤ لتر من هذا المحلول المخفف فى معاملة ١/٢ كجم من بذور الطماطم الجافة لمدة ٤٠ دقيقة ترج خلالها البذور بلطف باستمرار، ثم تُنشل البذور وتنشر على الورق لكى تجف فى الهواء فى الحال. ويستعمل محلول كلوراكس حديث التحضير فى معاملة أى كمية من البذور يُراد معاملتها. ويراعى تجربة هذه الطريقة – فى البداية – على بذور رخيصة الثمن، علمًا بأنها تتسبب – مع بعض البذور – فى خفض نسبة الإنبات. وقد وجد أن تلك المعاملة تزداد فاعليتها عند سبق معاملة البذور بالغسيل لمدة ١٥ دقيقة فى محلول من ثلاثى فوسفات الصوديوم (٣٠ جم/لتر ماء). ويتعين عدم إعادة تلويث البذور بعد تطهيرها، فلا يُعاد وضعها فى عبوات مستعملة.

٢- مكافحة المنّ والذبابة البيضاء مبكرًا خلال الموسم، لكى لا تحدث إصابات مبكرة، ولمنع انتشارها. تشمل المكافحة الحشائش التى قد تتواجد فى محيط الصوبة، وكذلك النباتات التى تتواجد خارجيًّا والتى قد تشكل مصدرًا خطيرًا للمنّ والذبابة البيضاء، مثل الخيار، والكوسة، والبطاطس، والفلفل.

٣- تطهير كل القوائم الخشبية والأدوات التى تُستعمل فى الصوبة إما بالبخار على ١٥°م لمدة ٣٠ دقيقة، وإما بالنقع فى محلول فورمالدهيد بتركيز ١٪ أو كلوراكس

بتركيز ١٠٪ لمدة ١٠ دقائق. وإما بالغسيل لمدة كافية بالماء مع استعمال منظف عادى

٤- رش الشاتل قبل نقل الشتلات منها بأربع وعشرين ساعة باللبن كامل الدسم أو اللبن الفرز، بمعدل لترين لكل ١٠م٢ من مساحة المشتل، مع ضرورة تغطية النباتات جيدًا بمحلو الرش

٥- يراعى عدم لمس أو تداول الشتلات قبل شتلها، مع التخلص من كافة الأوعية التى تحتوى على شتلات يظهر بها التواء أو موزايك أو أى نمو غير طبيعى، مع عدم لمس الشتلات الأخرى أثناء إزالة تلك التى يجب التخلص منها.

٦- غمس الأيدى فى اللبن أثناء تداول النباتات مرة كل خمس دقائق، وفى كل مرة يتم فيها تداول مجموعة جديدة من النباتات.

٧- التخلص من النباتات المصابة بالأمراض مبكرًا خلال موسم النمو، مع مراعاة عدم ملامسة النباتات السليمة للنباتات المصابة أثناء إزالتها.

٨- تطهير المعدات والأدوات والأيدى بانتظام بعد التخلص من النباتات المصابة وأثناء التقليم والتوجيه على الخيط والحصاد والرش، وعند الانتقال من خط أو مكان لآخر

٩- التخلص من النباتات المتبقية فى المشتل، وبعد الحصاد فى الصوبة والحقل دون أى تأخير

١٠- مراعاة عدم زراعة طماطم بعدأى من محاصيل الفلفل والباذنجان والقرعيات (Averre & Gooding ٢٠٠٠).

زراعة الأصناف المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور

أدى إدخال صنف الطماطم Monika المقاوم لنيماتودا تعقد الجذور فى الزراعات المحمية إلى منع الزيادة فى أعداد النيماتودا *M. incognita* بنسبة أكثر من ٩٠٪، مقارنة بإدخال الصنف القابل للإصابة Durinta. ولقد كان متوسط محصول الطماطم على مدى ثلاث سنوات ٢.٦ كجم/م٢ فى الدورات التى تضمنت زراعة واحدة للصنف المقاوم،

بينما بلغ ٦،١ كجم/م[٢] فى الدورات التى تضمنت زراعتين متعاقبتين لصنف مقاوم (Talavera وآخرون ٢٠٠٩).

إجراءات إنهاء الزراعة

يجب قطع النمو القمى لنباتات الطماطم قبل الموعد المتوقع للانتهاء من المحصول بنحو ٦–٨ أسابيع. ويجب أن يكون موعد الانتهاء قريبًا من نهاية ديسمبر للمحصول الخريفى، وخلال النصف الثانى من يونيو بالنسبة للمحصول الربيعى. وعند قطع النموات القمية topping تُزال جميع النموات التى يقل فيها قطر الثمار عن ٢سم والتى تظهر فى قمة النبات؛ لأن هذه الثمار لا تتمكن من استكمال نموها قبل الانتهاء من المحصول. وتترك ورقة أو ورقتان فوق أعلى عنقود يُنتظر حصاد ثماره؛ فذلك يساعد على تظليل الثمار ومنع إصابتها بلفحة الشمس (Snyder ٢٠٠١). ويتم جذب جذور النباتات قبل إزالتها بعدة أيام، ويوقف ضخ الماء والمحاليل المغذية، وتترك النباتات على الخيط حتى تفقد جزءًا كبيرًا من رطوبتها، فيقل الجهد اللازم للتخلص منها.



الفصل العاشر

إنتاج الفلفل

لا نميز فى هذا الفصل بين إنتاج الفلفل الحلو وإنتاج الفلفل الحريف، وإن كانت الغالبية العظمى من زراعات الفلفل المحمية فى الوطن العربى خاصة بإنتاج الفلفل الحلو.

ويعرف الفلفل (أو الفليفة) بالاسم الإنجليزى Pepper، وبالاسم العلمى *Capsicum annuum*. وهو من محاصيل الزراعات المحمية الناجحة التى تدر عائدًا اقتصاديًا مجزيًا، وتُستعمل فى إنتاجه البيوت المحمية (الأنفاق) الكبيرة.

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

درجت العادة — فى الماضى — على زراعة الأصناف العادية (المفتوحة التلقيح) المعروفة من الفلفل الحلو فى البيوت المحمية، والتى من أمثلتها: كاليفورنيا وندر ٣٠٠، وبل بوى، وليدى بل، ويولو ستار وغيرهم. إلا أنه تفضل زراعة الهجن المرباة خصيصًا للزراعات المحمية، وهى التى تتغير باستمرار.

وأصناف الفلفل الحلو كثيرة للغاية، وهى تتباين فى لونها عند النضج ما بين الأبيض، والأصفر، والبرتقالى، والأحمر، والقرمزى، والأسود، وتتباين فى أشكالها ما بين طراز كاليفورنيا وندر الناقوسى والطراز الإسبانى الطويل. أما أصناف الفلفل الحريف فهى أكثر تباينًا فى الشكل والحجم وشدة الحرافة، وكذلك فى اللون.

ومن أهم هذه الهجن ما يلى:

١- جديون Gedeon.

نموه الخضرى قوى وقائم. مبكر. ثماره مستطيلة، بها ٣-٤ مساكن، كبيرة الحجم (حوالى ١٨٠-٢٠٠ جم)، ذات لون أخضر داكن. يتحول إلى الأحمر عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ

٢- لاميو Lamuyo

يتشابه مع الصنف جديون

٣- برايو Bruyo

نموه الخضرى متوسط، ثماره تميل إلى الاستطالة، بها ٣-٤ مساكن، كبيرة الحجم، ذات لون أخضر داكن

٤- جالاكسى Galaxy.

نموه الخضرى متوسط القوة والطول. متوسط التبكير. ثماره مكعبة، خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج، متوسطة إلى كبيرة الحجم (حوالى ١٥-١٨ سم)، تحتوى على ٣-٤ مساكن مقاوم لفيرس موزايك التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس PVY.

٥- ليتو Lito

نموه الخضرى متوسط القوة، يميل إلى الافتراش، لذا .. يبدو النبات قصيرًا. لون ثماره أصفر فاتح، ويصلح للتصدير إلى ألمانيا. حساس للبرودة، وتقل قدرته الإنتاجية كثيرًا بانخفاض درجة الحرارة.

٦- بيكال Pical

هجين حريف، قوى النمو. أوراقه طويلة شريطية، خضراء قاتمة اللون ثماره شديدة الحرافة. يتراوح طولها بين ١٥ و ١٨ سم. حساس للبرودة، وتنخفض قدرته الإنتاجية كثيرًا مع انخفاض درجة الحرارة

٧- كولومبو Colombo

ثماره كبيرة، خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج، طويلة (حوالى ١٤ × ٩ سم)، بها ٣-٤ مساكن يمكنه العقد فى الحرارة المنخفضة. يصلح للتصدير

٨- بومبى Bomby

نموه الخضرى قوى. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل تحتوى على ٣-٤ فصوص، كبيرة الحجم (حوالى ١١ × ١٠ سم)، لونها أخضر يتحول إلى أحمر زاهٍ عند النضج. يتحمل الشحن مقاوم لفرس موزايك التبغ، وإتش التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس

٩- قرطبة Cordoba.

شبيه بالصنف لاميو، ولكن نموه الخضرى أقوى. النمو قائم. ثماره خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج. مقاوم لفيروس موزايك التبغ، واتش التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس.

١٠- زاركو Zarco:

نموه الخضرى قوى. متوسط التبكير. ثماره طويلة (حوالى ١٤ × ١٠ سم)، كبيرة الحجم، صفراء اللون عند النضج. مقاوم لفيروس موزايك التبغ، واتش التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس.

١١- كيرالا Kerala:

نموه الخضرى مندمج. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٨ سم)، تحتوى على ٣-٤ مساكن. لونها أخضر ضارب إلى الصفرة يتحول إلى أصفر زاهٍ عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ.

١٢- أوروبيل Orobelle:

نموه الخضرى سريع وشجيرى. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٩ سم)، بها ٣-٤ مساكن، وتكون صفراء عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ، ويتحمس الإصابة بفيرس واى البطاطس.

ومن بين هجن فلفل الزراعات المحمية الهامة الأخرى، ما يلى:

أولاً: هجن حلوة:

الصنف	الطراز/الحجم	اللون عند النضج
ميراج Mirage	١٨ × ١٠ سم	أحمر
إندرا Indra	١٢ × ١٠ سم	أحمر
كلوفيس Clovis	مستطيلة	أحمر
تيستى Tasty	١٠ × ٨ سم	أحمر

الصنف	الطراز/الحجم	اللون عند النضج
كيوبى Cuby	مكعبة	أحمر
أويرس Oasis	١٨ × ١٠ سم	أحمر
مليتو Melito	١٣ × ٩ سم	أحمر
تروبيك Tropic	١٧ سم طولاً	أحمر
لاتينو Latino	ناقوسى	أحمر
يارا Yara	١١ سم طولاً	أصفر
لويس Louis	لامويو	أحمر
أنطونيو Antonio	١٠ × ٩ سم	أحمر
أبولو Apollo	كبير	أحمر
آر إس ٨٥٠٤٧ RS 85047	١٠ × ٨ سم	أصفر
مكابى Maccabi	١٧ × ٩ سم	أحمر
هـ ١١٣٤	١٦ × ٨ سم	ذهبى
هـ ١٢٧٣	١٨ × ٧ سم	أحمر
أورى Orni	لامويو	أصفر
سرتاكى Sirtaki	كاليفورنيا وندر	أصفر
ناسو Nassau	كاليفورنيا وندر	برتقالى

ثانيًا: هجن حريفة (حارة):

الصنف	الطول × القطر عند الأكتاف	لون الثمار غير الناضجة	ملاحظات
بيكوس Pecos	١٥–٢٠ × ٢–٣ سم	أخضر فاتح	مجعدة قليلاً
بى بى ١٧٦	١٦ سم طولاً	أخضر قاتم لامع	ناعمة ومستقيمة
اسبت فاير Spitfire	١٣ × ٢–٣ سم	أخضر	أسطوانية
سامى Sammy	١٥–١٨ سم طولاً	أصفر فاتح	طويلة مدببة
سريناد Serenade	٨ × ٢ سم	أخضر	رفيعة ليست مدببة

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

الاحتياجات الحرارية بصورة عامة

يعتبر الفلفل من أكثر محاصيل الخضر حساسية لدرجة الحرارة؛ فهى التى تحدد غالبًا مدى نجاح الزراعة وبدايتها بشكل سليم. وتنبت بذور الفلفل خلال ثمانية أيام فى درجة الحرارة المناسبة؛ وهى ٢٧°م-٢٩°م، بينما يستغرق الإنبات ٢٥ يومًا فى حرارة ١٥°م. ولا تنبت البذور عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م أو أقل. ويتعين بعد الإنبات خفض حرارة الصوبة إلى ٢٤°م. وبعد الشتل تجب المحافظة على حرارة الصوبة أعلى من ١٥°م وأقل من ٣٨°م، علمًا بأن أفضل نمو للفلفل يكون بين ٢١، و ٢٩°م.

وأنسب مجال حرارى لنمو وإزهار وإثمار نبات الفلفل هو ١٧–١٨°م ليلاً، و ٢٢ – ٢٤°م نهارًا، وبينما يتوقف النمو وعقد الثمار فى حرارة ١٠°م، فإن درجات الحرارة العالية تضر بالنبات والمحصول. فالثمار العاقدة فى حرارة ٢٧ –٢٨°م تكون صغيرة الحجم ومشوهة الشكل. بينما لا يحدث عقد فى حرارة ٣٣–٣٥°م.

وإذا أمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية .. فإنه يفضل توفير حرارة التربة والهواء المناسبتين للفلفل في مختلف مراحل نموه. كما يلى (°م):

مرحلة النمو	حرارة التربة	حرارة الهواء ليلاً	حرارة الهواء نهارًا	حرارة الهواء نهارًا فى الإضاءة الجيدة
إنبات البذور	٢١–٢٥	—	—	—
النمو الخضرى	—	٢٠–٢٢	٢٣–٢٤	٢٦–٢٨
تحفيز عقد الثمار	—	١٥–١٧	٢٠–٢١	٢٣–٢٥
نضج الثمار	—	١٧–١٨	٢١–٢٢	٢٤–٢٦

ولكن يستدل من دراسات Bakker (١٩٨٩) على أن الفرق بين درجتى حرارة الليل

والنهار (استعمل الباحث ١٢ معاملة اختلفت فيها حرارة الليل بين ١٢°م و ٢١°م. وحرارة النهار بين ١٦°م و ٢٨°م) لم يكن مؤثرا على نمو وتطور النباتات، وعقد ثمارها وصفاتها، وإنما كان المهم هو متوسط درجة الحرارة اليومى الذى أثر (فى حدود المجال المستعمل فى الدراسة) على عقد الثمار، وتطورها ونضجها

وقد قدر الباحث الـ Q_{10} لفترة الثمرة من الإزهار إلى الحصاد بين ١,٥ و ١.٩.

ويبلغ أعلى معدل للبناء الضوئى فى الفلفل فى حرارة ٢٥°م (Jeong وآخرون ١٩٩٤)

ويعتبر الفلفل من النباتات الحساسة — فى مختلف مراحل نموها — لكل من الحرارة المرتفعة والحرارة المنخفضة.

فيتأثر عقد الثمار — كثيرًا — بارتفاع درجة الحرارة (وخاصة أثناء الليل)، حيث تسقط الأزهار والثمار الحديثة العقد فى بداية الموسم عندما تكون الحرارة عالية، ويزداد معدل التساقط إذا صاحب الحرارة العالية انخفاض فى شدة الإضاءة، وقد وجد Aloni وآخرون (١٩٩٥) أن معاملة نباتات الفلفل — تحت هذه الظروف — بثيوكبريتات الفضة silver thiosulphate — قللت كثيرا من معدل سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد، ولكن ذلك كان مصاحبا بزيادة فى نسبة الثمار المشوهة.

وقد اقترح الباحثون أن ثيوسلفات الفضة قللت تساقط الأزهار بوقف فعل الإثيلين، ولكنها منعت انتقال الأوكسين من البرعم الزهرى إلى المبيض النامى، مما أدى إلى تشوهه

كما أن نمو ثمار الفلفل ووزنها يتأثر — سلبيًا — بارتفاع درجة الحرارة من ٣٠°م إلى ٣٤°م (Malfa ١٩٩٣)

وتؤدى حرارة الليل المنخفضة (١٥°م) إلى عقد ثمار بكرية أو قليلة البذور، كما تكون هذه الثمار مشوهة، وصغيرة (يطلق عليها فى مصر اسم "الزراير"). تنتج هذه الثمار فى مصر خلال فترة انخفض درجة الحرارة فى شهر فبراير

أهمية الحرارة فى إنبات البذور

يتأثر إنبات بذور الفلفل سلبيًّا بارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٥°م، بينما تنخفض نسبة الإنبات إلى أقل من ٥٪ فى حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م، إلا أن تباين الحرارة بين ٤٠°م نهارًا، و ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥°م ليلاً يقلل من الأثر الضار للحرارة المرتفعة نهارًا، ويزداد التأثير الإيجابى للحرارة المنخفضة ليلاً بزيادة الفترة بين درجتى حرارة الليل والنهار. ومن بين سبعة أصناف تم اختبارها كان أكثرها قدرة على الإنبات فى حرارة ثابتة مقدارها ٣٥°م الصنفين ميركورى Mercury، ويولو واندر بى Yolo Wonder B. ويعد هذا التأثير السلبى للحرارة العالية على إنبات البذور نوعًا من السكون الحرارى، حيث أن معظم البذور التى لم تنبت فى حرارة ٤٠°م لم تكن فاقدة الحيوية. كما كانت نسبة البذور الفاقدة الحيوية من تلك التى لم تنبت فى حرارة ٢٥°م أعلى من نظيرتها التى لم تنبت فى حرارة ٤٠°م (Coons وآخرون ١٩٨٩).

وقد أمكن التغلب على هذا السكون الحرارى فى ٤٠°م فى بذور صنف الفلفل جالابينو إم Jalapeno M بمعاملة البذور بكل من حامض الجبريلليك GA_3، والإثيفون معًا، حيث كانت نتائج المعاملات المختلفة، كما يلى (Carter & Stevens ١٩٩٨).

المعاملة	الإنبات (٪)
الاستنبات فى حرارة ٢٥°م	٩٩
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م	صفر
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع سبق النقع فى الماء لمدة ٧ أيام	٤٠
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بالإثيفون (٣,٥ مللى مولار)	٥٠
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بالـ GA_3 (٣,٠ مللى مولار)	٧٩
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بكل من الإثيفون والـ GA_3	٩١

أهمية الحرارة فى نمو الشتلات

يزداد النمو الخضرى والنمو الجذرى لشتلات الفلفل بارتفاع درجة الحرارة، وتعد حرارة بيئة نمو الجذور هى الأكثر تأثيرًا فى هذا الشأن. وقد حُصل على أعلى معدل للنمو فى الشتلات التى كانت بعمر ٦٠ يومًا عندما تراوحت حرارة الهواء بين ١٨، و ٢٣°م، ودرجة حرارة التربة بين ١٨، و ٢٨°م. كما انخفضت الحرارة المثلى التى صاحبها أفضل نمو بزيادة العمر المتوقع للشتلات قبل شتلها. حيث كان المدى الحرارى المناسب ١٣-٢٣°م للهواء، و ١٣-٢٧°م للتربة بالنسبة للشتلات التى كانت بعمر ٧٥ يوما، و ١٣-١٨°م للهواء، و ١٨°م للتربة بالنسبة للشتلات التى كانت بعمر ٩٠ يومًا. وقد أدى ارتفاع درجة حرارة الهواء، أو التربة إلى زيادة سرعة تميز الأزهار (Choe وآخرون ١٩٩٤)

وقد أوصى Park وآخرون (١٩٩٦) بالمحافظة على درجة حرارة لا تزيد عن ٢٤°م نهارًا عند إنتاج الشتلات لكى تكون الشتلات الناتجة مندمجة النمو، ولكن مع رفع درجة الحرارة ليلاً عن ٢٠°م لكى يرتفع متوسط درجة الحرارة اليومى، الأمر الذى يسمح بتهيئة النباتات للإزهار مبكرًا.

أهمية الحرارة فى النمو النباتى والإزهار والعقد

وجد أن نمو وإزهار نباتات الفلفل يرتبطان إيجابيًا بدرجة الحرارة. كذلك فإن عدد الأوراق التى تتكون بعد الأوراق الفلقية حتى إزهار النبات يقل بارتفاع كل من درجتى حرارة الهواء والتربة (Khan & Passam ١٩٩٢، وعن Si & Heins ١٩٩٦). وعلى خلاف الطماطم التى يؤدى تعريض بادرتها لحرارة ١٠°م إلى تبكير الإزهار ليصبح عند عقدة أقرب إلى قاعدة النبات، فإن هذه المعاملة تؤدى فى الفلفل — إذا أجريت قبل تكوين مبادئ الأزهار — إلى زيادة عدد الأوراق المتكونة — قبل ظهور أول زهرة — بورقة واحدة أو ورقتين.

هذا .. وتزداد ساق نبات الفلفل طولاً مع كل ارتفاع فى درجة حرارة النهار

وانخفاض فى درجة حرارة الليل، أى مع الزيادة فى الفرق الموجب بين درجتى حرارة النهار والليل. وقد أوضحت دراسات Si & Heins (١٩٩٦) أن ارتفاع درجة حرارة النهار والليل أثر إيجابيًا وبصورة معنوية على جميع دلائل النمو المقيسة (مثل: طول الساق فى البادرة، وطول السلاميات، وقطر الساق، ومساحة الورقة، وعدد السلاميات والأوراق، وحجم النبات، والوزن الجاف للنمو الخضرى)، كما أثرت إيجابيًا كذلك على نسبة الجذور إلى النمو الخضرى، وأدت إلى زيادة دكنة اللون الأخضر فى أوراق النبات. أما العقدة التى ظهرت عندها أول زهرة فإنها ارتبطت بحرارة الليل، حيث كان عدد العقد التى تكونت حتى ظهور أول زهرة فى حرارة ليل ٢٦°م أقل بمقدار ١,٢ عقدة مما فى حرارة ليل ١٤°م.

وقد قارن Mercado وآخرون (١٩٩٧) تأثير تعريض نباتات الفلفل لحرارة مرتفعة (٢٩°م نهارًا مع ٢٠°م ليلاً)، أو منخفضة (٢٥°م نهارًا مع ١٤°م ليلاً) لمدة ٦٠ يومًا، ووجدوا أن معاملة الحرارة المنخفضة أحدثت — مقارنة بمعاملة الحرارة المرتفعة — التأثيرات التالية.

١- نقص فى طول النمو الخضرى، وعدد الأوراق، والوزن الجاف للنمو الخضرى بنسب تراوحت بين ٥٠٪، و ٧٠٪.

٢- زيادة فى عدد النموات الجانبية.

٣- زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل والبروتين الذائب، والنيتروجين الكلى.

٤- نقص فى محتوى الأوراق من السكروز، مع زيادة فى محتواها من النشا.

٥- زيادة فى تحمل النباتات لأضرار البرودة لدى تعريضها لحرارة ٦°م لأربع ليال.

وأوضحت دراسات Liu وآخرين (١٩٩٦) أن تمثيل البروتين كان ضروريًا لأجل تقسية الفلفل للتأقلم على الحرارة العالية.

يؤدى ارتفاع الحرارة عن ٣٣°م إلى التأثير سلبًا على عقد أزهار الفلفل، وإن لم يؤثر ذلك على عدد الأزهار المنتجة. كما أنه ليس لهذا الانخفاض فى العقد علاقة بأى من

الفرق فى ضغط بخار الماء، أو معدل البناء الضوئى فى الحرارة العالية (Erickson & Markhart ٢٠٠١).

أهمية التبريد

أدى التبريد الصحراوى (بالمروحة والوسادة) لصوبات الفلفل إلى زيادة محصول الثمار الكلى وحالات تشقق الثمار، ولكن مع خفض فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وقد انخفضت كفاءة التبريد الصحراوى فى خفض درجة الحرارة، وفى تقليل الفرق فى ضغط بخار الماء VPD مع ازدياد بعد المسافة عن الوسادة المبتلة، وكان ذلك مصاحبا – كذلك – بانخفاض فى حالات الإصابة بتشققات الثمار، وزيادة فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠٦)

الفترة الضوئية وشدة الإضاءة

دور الفترة الضوئية

وجد أن مبادئ الأزهار لا يتأثر تكوينها فى الفلفل بطول الفترة الضوئية، حيث تكونت فى وقت واحد فى فترات ضوئية تراحت بين ٧، و ١٥ ساعة، إلا أن زيادة الفترة الضوئية إلى ٢٤ ساعة (أى جعل الإضاءة مستمرة) أخر تكوينها لمدة ٥–٩ أيام ولذا يمكن القول بأن إزهار الفلفل يتأثر كميًا بالفترة الضوئية القصيرة؛ أى إنه Quantiative Short Day Plant

وتؤدى الحرارة العالية والفترة الضوئية الطويلة إلى تحفيز التفرع الثنائى، والإزهار المزدوج، بينما تؤدى حرارة الليل المنخفضة والفترة الضوئية القصيرة إلى تحفيز التفرع الثلاثى، والإزهار المفرد

وعلى خلاف الباذنجان الذى تصاب أوراقه بالاصفرار إذا تعرضت لإضاءة مستمرة، فإن الفلفل لا يتأثر سلبيًا بهذه المعاملة، بل إن أوراقه يزداد محتواها من الكلوروفيل (Murage & Masuda ١٩٩٧). وفى دراسة تالية (Masuda & Murage ١٩٩٨) وجد أن

تعريض شتلات الفلفل لإضاءة ضعيفة مستمرة أدت إلى زيادة وزنها الجاف، وعدد الأوراق فيها، وزيادة الوزن النوعى لأوراقها، وزيادة عقد ثمارها، مقارنة بالنباتات التى عُرِّضت لإضاءة عادية لمدة ١٢ ساعة فقط.

دور شدة الإضاءة

تؤدى الطريقة التى ينتج بها الفلفل فى الزراعات المحمية إلى تكوين نموات خضرية كثيفة ومتشابكة على المصاطب، يصل ارتفاعها — فى نهاية الموسم — إلى ٢-٢,٥م، مع وجود ممرات خالية من النمو الخضرى. وقد قام Hand وآخرون (١٩٩٣) بتقدير شدة الإضاءة ومدى استفادة النباتات منها — فى ظل هذا النظام لتربية النباتات — وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١- ازداد استقبال النباتات للضوء الساقط عليها — تدريجيًّا — أثناء نموها، إلى أن وصلت نسبة الاستفادة منه إلى ٩٢٪ عند بداية نضج الثمار، واستمرت على هذه الحال بعد ذلك.

٢- بلغت نسبة الإضاءة التى نفذت خلال النمو الخضرى حوالى ٢٠٪ عند الظهيرة (منتصف النهار)، وانخفضت إلى نحو ٢٪ قبل الظهيرة أو بعدها بساعات قليلة.

ولا توجد فى الدول العربية مشكلة فى نقص شدة الإضاءة، ولكن المشكلة الحقيقة تكمن فى تعرض الثمار (فى بداية مرحلة الإثمار قبل حلول فصل الشتاء)، والثمار التى تتكون بعد منتصف شهر أبريل للإصابة بلفحة الشمس.

يعتبر الفلفل من أبطأ محاصيل الخضر، ليس فى إنبات البذور وبزوغ البادرات فقط — وإنما كذلك فى نمو البادرات والنباتات؛ فهو — على سبيل المثال — أبطأ من الطماطم والخيار فى معدل النمو النسبى Relative Growth Rate بمقدار ٢٥٪، ويرجع ذلك إلى بطء الفلفل فى تكوين مساحات ورقية جديدة، بينما يزداد فيه سمك الأوراق (الوزن النوعى للورقة Specific Leaf Weight) مقارنة بالنوعين الآخرين.

ويمكن تقليل سمك أوراق الفلفل وزيادة نسبة مساحة الأوراق إلى الوزن الكلي للنبات (نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio)، وذلك بخفض شدة الإضاءة

كذلك يزداد معدل ظهور الأوراق الجديدة في الفلفل بزيادة شدة الإضاءة

وتؤدى الإضاءة القوية (٢٨ ميجا جول/م٢ MJm^{-2}) إلى نقص محصول الفلفل الكلى بمقدار ١٩٪ والمحصول الصالح للتسويق بمقدار ٥٠٪ مقارنة بمحصول النباتات المظللة قليلاً بداية من الشتل وقد كانت معاملة التظليل مصاحبة بنقص في نسبة لثمار المصابة بلسعة الشمس، وبزيادة في حجم الثمار، وأيضًا بزيادة في المساحة الورقية. هذا .. إلا أن محصول الفلفل يزداد بزيادة شدة الإضاءة طالما بقيت درجة الحرارة في المدى المناسب، وما توفرت الرطوبة الأرضية التي تحتاجها النباتات في هذه الظروف (عن Wien ١٩٩٧).

الرطوبة النسبية

وجد أن زيادة الرطوبة النسبية ليلاً تؤدى إلى زيادة متوسط وزن الثمرة مقارنة بالإنتاج في ظروف الرطوبة النسبية الأقل خلال الليل. هذا .. إلا أن التغيرات في الرطوبة النسبية ليلاً، أو نهارًا لم يكن لها أية تأثيرات معنوية على النمو الخضرى أو المحصول المبكر، أو الكلى (Bakker ١٩٨٩).

ويناسب الفلفل رطوبة نسبية تقدر بنحو ٧٥٪.

النمو والتطور

ارتباطات النمو

يرتبط النمو الخضرى لنبات الفلفل سلبيًا مع نمو الثمار، الأمر الذى يؤثر سلبيًا — بدوره — على محصول الثمار

وكمثال عملي على ذلك نجد أن الفلفل يربى في الزراعات المحمية — عادة — على ساقين، مع إزالة جميع الفروع القاعدية والعلوية الأخرى أثناء تكوينها. كذلك

يُمنع عقد الثمار عند العقد العشر الأولى بإزالة الأزهار المتكونة، ويكون الهدف من ذلك هو إتاحة الفرصة لتكوين نمو خضرى قوى قبل بدء الإثمار. ويترتب على ذلك تأخير بداية الإثمار فى الزراعات المحمية مقارنة بما حدث فى الزراعات الحقلية، إلا أن الإثمار يستمر لفترة طويلة قد تمتد لثمانية أشهر فى الزراعات المحمية، مقارنة بنحو ٢-٣ شهور فقط من الإنتاج فى الزراعات الحقلية، وربما كان من الأفضل رفع درجة الحرارة فى البيوت المحمية لأجل إسراع النمو الخضرى، والاستغناء عن عملية إزالة الأزهار (عن Wien ١٩٩٧).

ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة نهارًا إلى زيادة تراكم المادة الجافة فى الثمار، وتثبيط النمو الخضرى فى أصناف الفلفل ذات الثمار الكبيرة، بينما يزداد النمو الخضرى طرديًا مع الارتفاع فى درجة الحرارة نهارًا فى أصناف الفلفل ذات الثمار الصغيرة (Takagaki ١٩٩٣).

وتكون نسبة عقد الثمار أقل فى الأجزاء العليا من النبات منها عند قاعدته، بسبب حصول الثمار الأولى فى التكوين على معظم الغذاء المجهز ومنافستها للأزهار العليا على ذلك الغذاء.

هذا .. بينما لم يجد Heuvelink & Marcelis (١٩٩٦) تأثيرًا لتوفر الغذاء المجهز على معدل ظهور الأوراق الجديدة خلال مرحلة النمو الزهرى والثمرى، ولكن توفر الغذاء المجهز أدى إلى زيادة مساحة الأوراق.

ويبلغ معدل البناء الضوئى فى أوراق الفلفل أعلى مدى له عندما تزيد مساحة الورقة عن ١٠ سم^{٢}، وتحتفظ الأوراق بكفاءتها العالية فى البناء الضوئى لمدة طويلة بعد ذلك.

ويمكن لثمار الفلفل أن تُصنِّع جزءًا من الغذاء المخزن فيها، ولكن الجانب الأكبر مما تحتويه من غذاء يصل إليها من الأوراق.

عقد الثمار

تكوين الأمشاج الأنثوية

يمر تكوين الأمشاج الأنثوية Female Gametogensis فى الفلفل — من بداية الانقسام الاختزالى حتى بداية انقسام الزيجوت — بالمراحل التالية (Greenleaf ١٩٨٦).

عدد الأيام بالنسبة لتفتح الزهرة	الحَدَث
٤-	الانقسام الاختزالى (الميوزى) Meiosis
٣-	تكوين أربع خلايا جرثومية Microspore Tetrad
٢-	تكوين كيس جنينى وحيد النواة Uninucleate ES
١-	تكوين كيس جنينى ذو ٢-٤ نوايا 2-4 nucleate ES
صفر	تكوين كيس جنيني ذو ٨ نوايا 8 nucleate ES
	تفتح الزهرة والتلقيح
١+	اندثار النواتان القطبيتان Antipodal Nuclei degenerate
	نمو الأنابيب اللقاحية فى القلم
٢+	اندثار إحدى الأنوية المساعدة One synergid degenerates
	نمو الأنابيب اللقاحية فى القلم
٣+	الإخصاب Fertilization
٤+	اندثار الأنوية المساعدة الأخرى
٥+	بداية تكوّن الإندوسيرم
	استمرار تكوّن الإندوسيرم
٦+	الانقسام الأول للزيجوت First Zygote Division
	تكوّن الإندوسيرم

إنتاج حبوب اللقاح وإنباتها

عندما عُرِّضت نباتات الفلفل لحرارة عالية (٣٢°م نهارًا مع ٢٦°م ليلاً) لمدة ثمانية أيام قبل تفتح الأزهار، فإن عدد حبوب اللقاح المنتجة/زهرة لم يختلف عما

فى حالة العاملة الحرارية العادية (٢٨°م نهارًا مع ٢٢°م ليلاً)، إلاّ أن إنبات حبوب اللقاح المنتجة من أزهار المعاملة الحرارية العالية انخفض كثيرًا فى البيئة الصناعية على ٢٥°م، مقارنة بإنبات حبوب اللقاح المنتجة من أزهار المعاملة الحرارية العادية. وتوافق هذا التأثير مع الانخفاض الواضح فى عدد البذور بالثمرة فى نباتات المعاملة الحرارية العالية. وعندما رُفع تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء — فى كلتا المعاملتين الحراريتين — إلى ٨٠٠ جزء فى المليون، فإن ذلك لم يؤثر فى إنبات حبوب اللقاح المتحصل عليها من أزهار المعاملة الحرارية العادية فى البيئة الصناعية، ولكنه جعل إنبات حبوب اللقاح المتحصل عليها من أزهار المعاملة الحرارية العالية قريبًا من المستوى الطبيعى. ولقد وجد ارتفاع جوهرى فى تركيز كل من السكروز والنشا، وانخفاض فى نشاط إنزيم أسيد إنفرتيز acid invertase فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية عما فى حبوب لقاح المعاملة الحرارية العادية. ومع التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون انخفض تركيز السكروز فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية إلى مستوى قريب مما فى حبوب لقاح المعاملة الحرارية العادية. ويعتقد بأن التركيز العالى من كل من السكروز والنشا فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية مردة إلى انخفاض الأيض فيها فى الحرارة العالية، وأن التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون — بما يوفره من زيادة فى الغذاء المجهز لحبوب اللقاح — ربما يخفف من التأثير المثبط للحرارة العالية على أيض السكروز والنشا، وبذا .. يزيد من استخدامها فى إنبات حبوب اللقاح فى ظروف الحرارة العالية (Aloni وآخرون ٢٠٠١).

التلقيح

تكون مياسم أزهار الفلفل مستعدة لاستقبال حبوب اللقاح قبل تفتح الأزهار — أى وهى مازالت فى طور النمو البرعمى — ولكن حبوب اللقاح لا تكون مكتملة التكوين إلا عند تفتح الزهرة. وتتفتح معظم الأزهار خلال ساعتين من شروق الشمس، وتتفتح المتوك بعد تفتح الزهرة بفترة وجيزة، ولكنه لا يتم إلا بعد اكتمال امتداد البتلات.

وأفضل حرارة لإنبات حبوب لقاح الفلفل هى ٢٥–٣٠°م ولكن حبوب لقاح الصنف تباسكو Tabasco (*C. frutescens*) الذى تتفتح أزهاره غالبًا بين ١٠ صباحًا و ١٢ ظهرا – تنبت حبوب لقاحه جيدا فى حرارة تصل إلى ٣٥°م، كما تنبت بدرجة متوسطة فى ٤٠°م

إن ميسم زهرة الفلفل مفصص ومغطى بسائل لزج تفرزه شعيرات غدية توجد على سطح الميسم ويكون استعداد الميسم للتلقيح فى أوجه يوم تفتح الزهرة، وخاصة قبل انفراج البتلات وتفتح المتوك مباشرة، ولكن تستمر المياسم مستعدة لاستقبال حبوب اللقاح لمدة ٤ أيام فى الجو المعتدل البرودة، وقد تستمر فى بعض الأصناف إلى ٧ أيام، بينما تكون مدة استعداد المياسم لاستقبال حبوب اللقاح أقصر فى الجو الحار وحتى فى الحرارة المنخفضة فإن ميسم الزهرة يتغير لونه فى خلال ٤ أيام من تفتح الزهرة، وينكمش، ويفقد السائل اللزج الذى كان يغطيه.

كذلك تكون حبوب اللقاح فى أوج خصوبتها فى يوم تفتح الزهرة وليس قبل ذلك، بينما تنخفض خصوبتها كثيرا فى خلال يوم إلى يومين من تفتح الزهرة.

ويمكن حفظ حبوب اللقاح فى درجة الصفر المئوى لمدة ٥–٦ أيام (Rylski ١٩٨٦)

العقد الطبيعى

يتراوح المجال الحرارى الملائم لعقد ثمار الفلفل من ١٢–١٦°م وتعد درجة الحرارة المنخفضة ليلاً (١٠°م أو ٥ ١٥°م) أفضل من درجة الحرارة المرتفعة (٢١°م أو ٢٧°م). وتنخفض درجة حرارة الليل المثلى لعقد الثمار مع تقدم النبات فى العمر.

يتضح مما تقدم أن ثمار الفلفل يمكنها العقد فى درجات حرارة أكثر انخفاضًا من تلك التى تعقد عليها ثمار الطماطم، وتعتبر درجة حرارة الليل أكثر أهمية فى التأثير على عقد ثمار الفلفل من درجة الحرارة السائدة نهارًا فقد وجد لدى تعريض نباتات الفلفل لدرجات حرارة منخفضة ليلاً ونهارا أن العقد تأثر بدرجة حرارة الليل،

إذ بلغت نسبة العقد أعلى ما يمكن عندما كانت الحرارة ليلاً ١٥ °م، بالمقارنة بدرجات ١٨ °م، و ٢١ °م، و ٢٤ °م، كما تساقطت نسبة عالية من البراعم عندما كانت حرارة الليل ٢٤ °م. ولكن لم يتأثر العقد بارتفاع الحرارة نهارًا إلى ٢٨ °م لمدة ١٢ ساعة، أو إلى ٢٨ °م، ثم ٣٢ °م، ثم ٢٨ °م لمدة ٤ ساعات لكل منها (Went ١٩٦٢، و Rylski & Spigelman ١٩٨٢).

لم يحصل Cochran على أى عقد لثمار الفلفل فى حرارة ٣٢–٣٨ °م، بينما حدث عقد للثمار فى حرارة ٢١–٢٧ °م، وازدادت نسبته فى حرارة ١٦–٢١ °م. وتلعب حرارة الليل دورًا رئيسيًا فى هذا الشأن، فتساعد حرارة الليل المنخفضة — حتى الأقل من ١٠ °م — على زيادة نسبة عقد الثمار. هذا إلاّ أن ارتفاع الحرارة نهارًا، مع انخفاض شدة الإضاءة تؤديان إلى سقوط الأزهار عند انخفاض الحرارة ليلاً. وعلى الرغم من أن حرارة الليل المنخفضة تؤدى إلى زيادة نسبة العقد، إلا أنها تمنع التلقيح وتتسبب فى نمو ثمار يقل محتواها من البذور أو ينعدم. وهذه المبايض الزهرية غير المخصبة تسقط عندما تكون حرارة النهار مرتفعة مع ضعف شدة الإضاءة.

وعمليًا فإن أفضل حرارة لتأمين عقد جيد للثمار البذرية تتراوح بين ١٧، و ١٨ °م. بينما يصاحب حرارة ليل أعلى من ٢١ °م سقوط نسبة كبيرة من البراعم الزهرية بدون عقد (عن Rylski ١٩٨٦).

ولأجل زيادة المحصول من الثمار الصالحة للتسويق يلزم توفر حرارة تتراوح بين ٢١، و ٢٣ °م خلال فترة النمو الخضرى، وحرارة مقدارها ٢١ °م خلال فترة نمو الثمار، مع اختلاف حرارة الليل عن النهار بمقدار ٧–٩ °م، وذلك تحت ظروف الإضاءة الضعيفة نسبيًا، مع المحافظة على فارق أكبر من ذلك بين حرارتى الليل والنهار فى ظروف الإضاءة الجيدة (عن Wien ١٩٩٧).

وتبعًا لدراسات سابقة (Bakker ١٩٨٩) .. فإن الفرق بين درجتى حرارة الليل والنهار (استعمل الباحث ١٢ معاملة اختلفت فيها حرارة الليل بين ١٢ °م، و ٢١ °م،

وحرارة النهار بين ١٦ °م و ٢٨ °م) . لم يكن هذا الفرق مؤثرًا على نمو وتطور نباتات الفلفل. وعقد ثمارها وصفاتها. وإنما كان العامل المهم هو متوسط درجة الحرارة اليومى الذى أثر (فى حدود المجال المستعمل فى الدراسة) على عقد الثمار، وتطورها، ونضجها

العقد البكرى للثمار

تُنتج الثمار البكرية فى الفلفل بكثرة عندما يسود الجو حرارة منخفضة ليلاً أثناء مرحلة الإزهار والعقد. كذلك تنتج الثمار البكرية فى ظروف الحرارة المرتفعة ليلاً بالمعاملة بعدد من منظمات النمو. منها. حامض الجبريلليك، ونفثالين حامض الخليك، وباراكلورفينوكسى حامض الخليك 4-CPA، و٢،٤-د 2,4-D، و 2,4,5-T، والكلوروفلورينول Chloroflurenol وعندما تحفز معاملة منظمات النمو نمو المبيض والمشيمة فإن الثمار البكرية الناتجة تكون مماثلة فى الحجم للثمار البكرية التى تتكون فى ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً

هذا إلا أن شكل الثمار البكرية التى تنتج من المعاملة بمنظمات النمو يتوقف على نوع منظم النمو المستعمل. فمثلاً يحفز الـ 2,4-D النمو العرضى للثمرة فيكون قطرها مماثل لقطر الثمار الطبيعية التكوين، بينما تكون قصيرة؛ فتبدو مبططة وتأخذ شكل ثمرة الطماطم هذا بينما تثبط المعاملة بحامض الجبريلليك نمو الثمرة فى كلا الاتجاهين (عن Rylski ١٩٨٦).

نشل العقد الطبيعى للثمار

إن أهم العوامل التى تؤدى إلى سقوط البراعم الزهرية والأزهار فى الفلفل ما يلى:

١- الحرارة العالية

٢- ضعف الإضاءة

٣- نقص الرطوبة الأرضية.

٤- المنافسة على الغذاء المجهز من قبل الثمار الأولى فى التكوين.

٥- الإصابات المرضية والحشرية.

ويمكن أن تؤدى تلك العوامل إما إلى تأخير بداية الإزهار، وإما إلى إطالة فترة الإزهار دون عقد للثمار، وإما إلى انتهاء عقد الثمار مبكرًا.

وفى الحالات الشديدة يُسقط النبات جميع براعمه الزهرية وأزهاره المتفتحة، ويلزم — حينئذٍ — مرور عدة أسابيع قبل أن تتكون وتتفتح أزهار جديدة.

وأكثر أصناف الفلفل حساسية لظروف الإجهاد البيئى التى تؤدى إلى سقوط البراعم الزهرية والأزهار هى الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم (عن Wien ١٩٩٧).

٦- الحرارة المنخفضة:

يؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى عقد ثمار مشوهة فى الفلفل؛ ولا ينعدم العقد إلا إذا كان الانخفاض فى درجة الحرارة كبيرًا.

الحرارة العالية:

من المعروف أن ارتفاع درجة الحرارة بشدة قبل تفتح الأزهار بنحو ١٣-١٧ يومًا يؤدى إلى انخفاض حيوية حبوب اللقاح المتكونة، وقلة عقد الثمار. ويؤدى ارتفاع الحرارة إلى ٣٤-٣٧°م - خاصة عندما يكون ذلك مصحوبًا بانخفاض فى الرطوبة النسبية - إلى زيادة النتح، ونقص المستوى الرطوبى فى النبات، وسقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد. كما تؤدى الحرارة المرتفعة مع الإضاءة الضعيفة — وهى الظروف التى تكون سائدة فى الأقبية البلاستيكية — إلى سقوط الأزهار بدون عقد.

وقد أوضح Cochran منذ عام ١٩٣٦ أن عقد ثمار الفلفل ينخفض فى حرارة ٢٧°م نهارًا مع ٢١°م ليلاً، بينما يتوقف عقد الثمار كلية فى حرارة ٣٨°م نهارًا مع ٣٢°م ليلاً فى البيوت المحمية. وتعد حرارة الليل المرتفعة أشد تأثيرًا على عقد الثمار عن حرارة النهار المرتفعة. كذلك وُجد — تحت ظروف الحقل — أن حرارة تزيد عن ٣٨°م نهارًا، وعن ١٦°م ليلاً كانت كافية لسقوط جميع الأزهار والبراعم الزهرية فى عديد من أصناف

الفلفل وتزداد الحالة سوءا إذا كانت الحرارة العالية مصاحبة بنقص شديد فى الرطوبة الأرضية (Khan & Passam ١٩٩٢، وعن Wien ١٩٩٧)

وتوجد اختلافات بين أصناف الفلفل فى قدرة أزهارها على تحمل الحرارة العالية قبل أن تتعرض للسقوط. فمثلاً كان صنف الفلفل الحلو مأوّر Maor أكثر حساسية للحرارة العالية من صنف البابريكا ليهافا Lehava (كلاهما *C annuum*)، ولكن تلك الحساسية للحرارة العالية تعتمد على شدة الإضاءة. ففى ظروف الحرارة العالية والإضاءة العالية كان الصنف الحلو أقل حساسية من البابريكا، ولكن تحت ظروف الحرارة العالية والإضاءة الضعيفة كان الفلفل الحلو أكثر حساسية وكان إنتاج الإثيلين فى أزهار الفلفل الحلو المقطوفة والمزروعة فى بيئات صناعية (flower explants) أعلى ما يمكن فى حرارة ٣٤°م، ثم نقص فى درجات الحرارة الأعلى (٤٢ و ٤٨°م)، بينما كان إنتاج الإثيلين فى أزهار البابريكا المماثلة أقل، ووصل إلى أعلى معدل له فى حرارة ٤٢°م وكانت أزهار الفلفل الحلو المقطوفة والمزروعة أكثر حساسية للمعاملة بالإثيفون عن أزهار البابريكا المماثلة. وقد ارتبطت شدة حساسية مجموعة من أصناف الفلفل للشدّ الحرارى بمدى حساسية أزهارها للمعاملة بالإثيفون أكثر من إنتاجها للإثيلين تحت ظروف الحرارة العالية ويبدو أن اختلاف أصناف الفلفل فى حساسيتها للحرارة العالية المؤدية إلى سقوط الأزهار يرتبط بكل من مدى إنتاج الأزهار للإثيلين، ومدى حساسية تلك الأزهار للإثيلين المنتج تحت ظروف الحرارة العالية، ولكن ربما كانت الحساسية للإثيلين المنتج أكثر أهمية فى عملية سقوط الأزهار (Aloni وآخرون ١٩٩٤)

وبينما لم تتأثر خصوبة حبوب لقاح الفلفل أو قدرتها على الإنبات بتعريضها لحرارة ٣٣°م لمدة ٨ ساعات فى عدد من الأصناف، فإن تعريضها لحرارة ٣٨°م أحدث نقصا شديدا فى حيويتها، وفى قدرتها على الإنبات بعد ٨-١٠ أيام من المعاملة، وخاصة فى الصنفين نيو آيس New Ace، وثاى شيلى Thai Chili (Takagaki وآخرون ١٩٩٥)

وقد كان تدهور حيوية حبوب اللقاح وضعف إنباتها فى الحرارة العالية مصاحبًا بتطورات غير طبيعية فى كل من حبوب اللقاح والمتوك. وكانت تلك التطورات غير الطبيعية أشد وضوحًا فى الأصناف الأكثر حساسية للحرارة المرتفعة عما فى الأصناف الأقل حساسية. بينما لم تكن للحرارة أية تأثيرات ملاحظة على أعضاء التأنيث فى الزهرة (Han وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. ويسبق سقوط الأزهار والبراعم الزهرية دونما عقد — فى الحرارة العالية — نقص فى نشاط الإنزيم أسيد إنفرتيز acid invertase فى الأزهار، ولكن ليس فى الأوراق النامية القريبة منها؛ مما يدل على أن الأزهار أكثر حساسية للشدِّ الحرارى عن الأوراق (عن Aloni وآخرون ١٩٩٤).

وبمتابعة معدل إنتاج الفلفل للإثيلين خلال مختلف مراحل تكوين الزهرة فى الحرارة العالية (٤٥°م)، كان إنتاج الإثيلين فى البراعم الزهرية للصنف فالنسيا Valencia ١٢٨٩٤ بيكامول/جم وزن جاف قبل التفتح، وازداد إلى ٩٣٥٢,١ بيكامول/جم وزن جاف فى مرحلة تفتح البتلات. ويعتقد أن تلك المرحلة هى التى قد تفيد فيها المعاملة بمضادات الإثيلين فى منع سقوط الأزهار (Agguirre وآخرون ١٩٩٥).

وقد وجد أن المعاملة بثيوكبريتات الفضة silver thiosulfate (وهو مركب مضاد لفعل الإثيلين) قللت سقوط البراعم الزهرية. والأزهار أو الثمار الصغيرة فى الفلفل المعرض للحرارة العالية لمدة ٤ أيام، ولكن المعاملة أدت فى الوقت ذاته إلى إنتاج ثمار مشوهة (Aloni وآخرون ١٩٩٥).

ظروف الجفاف

وجد أن تفتح أزهار الفلفل وسقوطها أسرع فى ظروف الجفاف الشديد مع الإضاءة العالية أما تحت ظروف الجفاف مع الإضاءة الضعيفة، فقد سقطت جميع أزهار النبات قبل تفتحها، وارتبط ذلك بانخفاض فى تراكم المادة الجافة، التى كان تراكمها فى ذلك

الوقت أكثر فى الأوراق عما فى السيقان، التى كان تراكم المادة الجافة فيها — بدورها — أعلى مما فى الأزهار والثمار (Jaafar وآخرون ١٩٩٤).

التظليل وضعف الإضاءة

أدى تظليل نباتات الفلفل بنسبة ٩٠٪ لمدة ٦ أيام إلى زيادة الشيخوخة فى أعضاء التكاثر (البراعم الزهرية والأزهار) بنسبة ٣٨٪، مع زيادة إنتاج البراعم للإثيلين، ونقص محتواها من السكريات المختزلة والسكروز. وأدت معاملة أعناق البراعم الزهرية ببادئ الإثيلين ACC إلى سقوطها فى خلال ٤٨ ساعة، وبدا واضحًا أن الإثيلين هو المسئول الأول عن سقوط البراعم الزهرية فى الفلفل. ويلعب إنتاج البراعم للأوكسين دورًا فى منع سقوطه (Wien وآخرون ١٩٨٩).

هذا وتوجد اختلافات وراثية بين أصناف الفلفل فى مدى تأثر براعمها الزهرية بمعاملة الـ ACC، وفى مدى تكوينها لطبقة الإنفصال وسقوطها لدى تعريضها لمعاملة التظليل (Wien وآخرون ١٩٨٩، و Shifriss وآخرون ١٩٩٤)

وقد كان النقص فى الكفاءة الإنتاجية Net Assimilation Rate، ومعدل النمو النسبى Relative Growth Rate — تحت ظروف التظليل — أكثر فى الصنف شارموك Sharmock الحساس للتظليل (والذى يزداد سقوط براعمه الزهرية بمعاملة شدّ التظليل shade stress) عما فى الصنف أيس Ace الأكثر تحملا لمعاملة التظليل. ومقارنة بالصنف أيس .. كان توجه المادة الجافة فى الصنف شارموك بدرجة أقل إلى أعضاء التكاثر وبدرجة أكبر إلى الأوراق النامية (Turner & Wien ١٩٩٤أ) وقد تبين أن معدل البناء الضوئى فى وحدة المساحة بين الأوراق المعرضة بأكملها للضوء كان أقل — تحت ظروف الإضاءة الضعيفة — فى الصنف شارموك عما فى الصنف أيس، كما كان النقص فى معدل التنفس بالبراعم تحت تلك الظروف أكبر فى شارموك مما فى أيس، بينما كان تنفس الأوراق أعلى فى شارموك عما فى أيس تحت كل من ظروف الإضاءة العادية والتظليل وبعد ٣ أيام من بدء معاملة التظليل كان تركيز السكريات فى براعم شارموك أقل جوهريًا مما فى أيس. وقد بدا

واضحًا أن حساسية الصنف شارموك لمعاملة التظليل — والتي تؤدى إلى سقوط براعمه الزهرية — ترتبط بنقص فيما يتوجه من غذاء مجهز إلى براعمه، مع زيادة في استهلاك ذلك الغذاء تحت ظروف شدّ التظليل (Turner & Wien ١٩٩٤ب).

وفى دراسة أخرى أدت معاملات التظليل لمدة ١٥ يومًا (خفضت خلالها شدة الإضاءة من ٩٢٠ إلى ٥٠٠ أو ٢٠٠ ميكرومول/م^{2}/ثانية)، وتجريد النباتات جزئيًّا من بعض أوراقها إلى خفض تراكم السكريات في الأزهار مقارنة بالكنترول، وإلى سقوط الأزهار وكان تراكمُ السكريات والنشا فى أزهار النباتات المظللة للصنفين مأور Maor و ٨٩٩ أقل مما في الصنفين مازوركا Mazurka (وجميعها من الفلفل الحلو)، وليهافا (وهو من أصناف البابريكا) (Aloni وآخرون ١٩٩٦).

وباختبار معاملات تظليل بمقدار صفر، و ٣٠٪، و ٦٠٪ على صنف الفلفل الحلو مازوركا Mazurka، وجد أن تركيز السكروز، والنشا، والسكريات المختزلة في مبايض الأزهار ازداد بزيادة شدة الإضاءة في منتصف النهار، في الوقت الذى ازداد فيه كذلك نشاط إنزيم sucrose synthase، بينما قلَّ نشاط إنزيم soluble acid invertase (وهو β-fructofuranosidase). وأدت تغذية أزهار الفلفل المقطوعة والمزروعة في بيئة آجار — والتي أعطيت معاملة التظليل — أدت تغذيتها بالسكروز إلى زيادة محتواها من السكريات المختزلة، بينما أدت تغذيتها بالسكروز، والجلوكوز، والفراكتوز إلى زيادة نشاط إنزيم sucrose synthase، وإلى تقليل تكوين طبقة الانفصال في أعناقها (Aloni وآخرون ١٩٩٧).

تكوين طبقة الانفصال

عندما يكون العضو النباتى — ورقة كان، أم زهرة، أم ثمرة ... إلخ — نشطًا في نموه. فإن الأوكسين الطبيعي ينتشر منه إلى العنق، ليمنع تكون طبقة الانفصال. وتتكون طبقة الانفصال عندما تبدأ مرحلة شيخوخة العضو النباتي؛ حيث يقل وصول الأوكسين إلى تلك المنطقة، التي يزداد فيها — حينئذٍ — تركيز الهرمونات المحفزة للشيخوخة، مثل الإثيلين وحامض الأبسيسك.

وقد وجد أن تعرض نباتات الفلفل لظروف الشدِّ البيئي — سواء أكانت حرارة عالية، أم إضاءة ضعيفة — يؤدى إلى تحفيز إنتاج الإثيلين، الذى يبطء انتقال الأوكسين إلى عنق الزهرة؛ مما يؤدى إلى تكوين طبقة انفصال وسقوط الزهرة.

وسائل الحد من ظاهرة فشل العقد:

من أهم الوسائل التى يمكن اتباعها للحد من ظاهرة فشل عقد الثمار فى الفلفل، مايلى:

١– الحد من ارتفاع الحرارة.

٢– الحد من التأثير السلبى لضعف الإضاءة فى الزراعات المحمية بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة (عن Wien ١٩٩٧)

دور الحرارة المنخفضة فى عقد الثمار المشوهة

أدى تعريض نباتات الفلفل لحرارة ١٢°م ليلاً مع ٢٤°م نهارًا — مقارنة بحرارة ٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارا — إلى نقص خصوبة حبوب اللقاح وعدد البذور/ثمرة جوهريًا. وأدت معاملة النباتات النامية تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً بالباكلوباترازول paclobutrazol بتركيز ملليجرام واحد، أو ٠,١ مجم/لتر إلى الحد من تدهور حيوية حبوب اللقاح. وكذلك إلى زيادة محتوى الثمار من البذور، ولكن تلك الثمار كانت أصغر حجماً من مثيلاتها غير المعاملة بالبكلوبترازول تحت نفس الظروف. ولم تغير تدفئة الجذور فقط إلى ٢٠°م من التأثير السلبى لحرارة الليل المنخفضة على حيوية حبوب اللقاح. وقد كانت حبوب لقاح جميع الأصناف المختبرة حساسة للحرارة المنخفضة، وكان أقلها حساسية الصنفين مجويلينو Miguelino، وجوندلا Gundilla، وذلك من بين ٨ أصناف تم اختبارها من *Capsicum annuum* بالإضافة إلى كل من *C. frutescens*، و *C. baccatum*.

كما أدى تعرض نباتات الفلفل لحرارة ١٠ أو ١٥°م ليلاً إلى ضعف حيوية حبوب اللقاح، ونقص عدد البذور/ثمرة. ووجد عند تفتح الأزهار أن حبوب اللقاح التى تكونت فى

الحرارة المنخفضة (١٤°م ليلاً مع ٢٥°م نهارًا) كانت أصغر حجمًا، وظهرت فى كتل متجمعة. ومنكمشة. وكانت جدرها الخارجية أقل سمكًا مما فى حبوب اللقاح التى تكونت فى حرارة أعلى (٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارًا). وعندما عرضت النباتات النامية فى حرارة ٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارًا، والحاملة لبراعم زهرية فى مراحل مختلفة من التكوين .. عندما عرضت هذه النباتات لحرارة ١٠°م ليلاً تأثر الانقسام الاختزالى والمراحل الأولى لتكوين الخلايا الأمية لحبوب اللقاح فى براعمها الزهرية، إلا أن المراحل المتأخرة لتكوين الخلايا الأمية ونضج حبوب اللقاح لم تتأثر بالمعاملة ذاتها (Mercado وآخرون ١٩٩٧).

وقد تبين أن حرارة الليل المنخفضة (١٤°م أو أقل من ذلك) تؤثر (فى صنف الفلفل مازوركا Mazurka) على كل من عضوى التأنيث والتذكير فى الزهرة. فيتأثر عضو التأنيث مورفولوجيًا، بينما تتأثر الخصوبة فى عضو التذكير. ومع كل انخفاض فى درجة الحرارة يزداد طول القلم فى متاع الزهرة، بينما يقل قطر المبيض. كذلك أدت الحرارة المنخفضة إلى ضعف حيوية حبوب اللقاح، وضعف قدرتها على الإنبات. وكانت الثمار العاقدة تحت هذه الظروف مشوهة وخاليا تقريبًا من البذور. وقد أدى تلقيح أزهار النباتات النامية فى حرارة ليل مقدارها ١٢°م بحبوب لقاح حُصل عليها من نباتات نامية فى حرارة ليل مقدارها ١٨°م إلى زيادة نسبة الثمار الطبيعية المظهر بصورة كبيرة، وأدى تكرار هذا التلقيح اليدوى مرة ثانية وثالثة إلى إحداث زيادات متتالية فى حجم الثمار وتحسن فى مظهرها (Pressman وآخرون ١٩٩٨).

مواعيد الزراعة

يوصى – فى مصر – بزراعة بذور الفلفل مبكرًا خلال فصل الصيف؛ وذلك للحصول على نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء؛ ولذا .. فإن زراعة البذور تكون – عادة – خلال الفترة من أوائل شهر يوليو إلى منتصف أغسطس. يستغرق إنبات البذور فى هذا الوقت من العام حوالى ٨–١٠ أيام، ويتم الشتل بعد نحو ٣٠–٣٥ يومًا من زراعة البذور (أى بعد نحو ٢٠–٢٥ يومًا من إنباتها)؛ أى إن الشتل يكون خلال الفترة من أوائل

أغسطس إلى منتصف سبتمبر

يُلاحظ أن الزراعة المبكرة – فى المدى المبين أعلاه – يكون محصولها أعلى مما فى الزراعة المتأخرة، التى لا يتوفر لها الوقت الكافى لتكوين نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء

الزراعة

يتكاثر الفلفل بالبذور، التى يحتوى كل جرام منها على حوالى ١١٠ بذور ويلزم – عادة – حوالى ١٢–١٥ جرامًا من البذور لإنتاج شتلات تكفى لزراعة صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢، ويتوقف ذلك على كثافة الزراعة كما سيأتى بيانه.

يكون إنتاج الشتلات، وإقامة المصاطب، واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة، والشتل، واستعمال الأسمدة البدئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع

يشتل خطان من نباتات الفلفل – بينهما ٥٠ سم – فى كل مصطبة، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما وتكون المسافة بين النباتات – فى الخط الواحد – ٥٠ سم فى الزراعات المبكرة (عند الشتل فى أوائل أغسطس)، تنقص الى ٤٠ سم فى الزراعة المتأخرة (عند الشتل فى النصف الثانى من سبتمبر) ويراعى أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رجْل غراب)

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢ يكون فيها ١٢٠٠–١٥٠٠ نبت، بكثافة تتراوح بين ٢.٢ و ٢.٨ نباتًا/م٢

وعندما زرع الفلفل فى صوبات غير مدفأة خلال عروة الخريف والشتاء (فى إسبانيا) بكثافة ٢.٠ أو ٣.٢ نبات/م٢، كانت الكثافة الأعلى أكثر كفاءة فى استقبال الضوء، حيث كان دليل المساحة الورقية فيها ٥.٠١ مقارنة بـ ٣.٣٩ فى الكثافة المنخفضة وقد صاحب ذلك زيادات – فى حالة الكثافة العالية – فى كل من: المحصول الكلى (٦.١٣ مقارنة بـ

٤.٧٨ كجم/م^2)، والمحصول الصالح للتسويق (٥,٦٨ مقارنة بـ ٤,٣٩ كجم/م^2)، ومحصول أعلى جودة (٣,٨٢ مقارنة بـ ٣,٠٤ كجم/م^2)، وذلك مقارنة بالنوعيات المختلفة من المحصول فى الكثافة المنخفضة (Lorenzo & Castilla ١٩٩٥).

الرى

تجب العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة المناسبة منذ اليوم الأول للشتل، مع تجنب الرى بالمياه العالية الملوحة. هذا .. ويستجيب الفلفل للرى بالرذاذ كعامل مساعد مع الرى السطحى، أو الرى بالتنقيط.

ويستدل من نتائج دراسات El-Sayed (١٩٩٢) ازدياد تراكم البرولين فى أوراق وجذور الفلفل (وخاصة الجذور) مع ازدياد الشدّ الرطوبى الذى تتعرض له النباتات. كذلك — لاحظ الباحث ما يلى:

١– انخفض نشاط إنزيم Proline Dehydrogenase فى أوراق وجذور النباتات مع زيادة الشد الرطوبى إلى أن وصل النقص فى نشاط الإنزيم إلى ٨٥٪ فى أقصى درجات الشد الرطوبى.

٢– كان نشاط إنزيم Proline oxidase فى نباتات معاملة الشاهد أعلى بكثير فى الجذور مما فى الأوراق.

٣– هذا .. بينما ثُبِّط نشاط إنزيم Proline oxidase — تحت ظروف الشد الرطوبى — بدرجة أعلى بكثير فى الجذور عنها فى الأوراق.

وكمؤشر تقريبى لاحتياجات النباتات من مياه الرى فى الأراضى الصحراوية يوصى بأن يكون معدل الرى (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م^2) من ١¼ إلى ١½م^3 يوميًا فى بداية حياة النبات، تزداد تدريجيًا إلى أن تصل إلى ١½ إلى ٢م^3 فى الأسبوع السابع بعد الشتل، ثم إلى ٢½ إلى ٣½م^3 بعد ذلك، على أن تقسم كمية مياه الرى المستعملة مناصفة بين ريتين فى التاسعة صباحًا والثالثة بعد الظهر. ويستعمل الحد الأقصى لكمية

مياه الرى الموصى بها — فى كل مرحلة من مراحل النمو — فى الجو الحار وفى الزراعات الكثيفة.

ولكن تجب ملاحظة أن أرقام كميات مياه الرى المبينة أعلاه تقريبية، ويتعين زيادة الكمية المستعملة إذا لوحظ ارتخاء في أوراق النباتات قبل الظهيرة (وليس بعد الظهيرة، فذلك أمر طبيعى)، كما يجب خفض الكمية المستعملة — أو حتى وقف الرى لمدة يوم واحد — إذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية من التربة رطبة.

أما فى الأراضى الطميية والثقيلة فإن الرى يكون على فترات أكثر تباعدًا، وبكميات أقل من تلك الموضحة أعلاه، نظرًا لعدم فقد المياه منها بالرشح كما يحدث فى الأراضى الصحراوية

وقد كان لخفض كمية مياه الرى إلى ٥٠٪ أو ٢٠٪ من الاحتياجات المائية المقدرة للفلفل تأثيرات سلبية كبيرة. فبينما لم يؤثر ذلك على العدد الكلى للثمار المنتجة، فإن نسبة غير الصالح منها للتسويق — بسبب صغر حجمها — ازدادت بشدة، وكذلك ازدادت حالات إصابة الثمار بكل من لسعة الشمس وتعفن الطرف الزهرى هذا .. ولم تؤد تلك المعاملات إلى الإنتاج المبكر للثمار، كما لم تؤثر على التوزيع النسبى للمواد الغذائية المجهزة بالنبات (Fernández وآخرون ٢٠٠٥)

التسميد

يتشابه الفلفل مع الطماطم فى كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد؛ مثل التسميد السابق للزراعة، وأنواع الأسمدة المستعملة، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد، وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع

ونقدم — فى هذا المقام — برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الفلفل المحمية فى الأراضى الصحراوية؛ كما يلى

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط، مع تخصيص يومين للتسميد بكل من نترات النشادر، وحامض الفوسفوريك، وسلفات البوتاسيوم، وسلفات المغنيسيوم معًا، ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم، ويترك اليوم الرابع بدون تسميد، ثم تعاد الدورة .. وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية):

السماد	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه
نترات النشادر	٣٠٠	٣٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٣٥٠	٤٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٦٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	٧٥	٧٥	٧٥	٥٠
نترات الكالسيوم	—	—	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يكون فى النصف الثانى من شهر أغسطس، وأن الحصاد يستمر إلى نهاية شهر يونيه.

(ملحوظة هامة: تراعى عند تطبيق هذا البرنامج التسميدى جميع الأمور والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم).

ونقدم – فيما يلى – برنامجاً آخر للتسميد التالى للشتل – فى الأراضى الصحراوية –

ويُعدّ وسطا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها. ويكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢) كما يلى

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) — عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل التردیم علیها) — حوالى ١٢٥ مل (سم٣) — أى ملء نصف كوب ماء — من سماد بادئ يُحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) — غنى فى كل من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور — فى الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد/١٠٠ لتر ماء).

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل .. فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلوجرام) يكون — أسبوعيًّا، وعلى مدى عشرة شهور من الشتل — على النحو التالى

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢٥
الخامس إلى الثامن (الإزهار والعقد)	٤	١,٧٥	١,٠	١,٥	٠,٢٥
التاسع إلى الثانى عشر (نمو الثمار وبداية الحصاد — جو معتدل)	٤	٢	١,٢٥	٢,٠	٠,٢٥
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين (حصاد - جو بارد نسبيًّا)	١٣	١,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
السادس والعشرون إلى الثلاثين (حصاد — جو معتدل)	٥	٢	١,٠	٢,٠	٠,٢٥
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثون (حصاد — جو حار)	٨	١,٥	٠,٥	٢,٠	٠,٢٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٥	٠,٢٥	١,٠	٠,٢٥
الحادى والأربعون إلى الثانى والأربعين	٢	—	—	—	—
إجمالى الكمية المضافة	—	٨٢	٤٠	٩٠	١٢

وبالإضافة إلى الأسمدة المذكورة آنفًا . فإن الفلفل يحتاج إلى مزيد من التسميد بالكالسيوم (بخلاف ما يتوفر فى السوبر فوسفات العادى المضاف قبل الزراعة)، ويكون التسميد إما فى صورة نترات الكالسيوم، وإما برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداءً من الأسبوع السابع بعد الشتل، حتى قرب انتهاء موسم الزراعة على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م^2).

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم/أسبوع)
السابع إلى الثانى عشر	٦	٠,٢
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين	١٣	٠,٣
السادس والعشرون إلى الثلاثين	٥	٠,٤
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثين	٨	٠,٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٤
المجموع	—	١٢,٠

وبذا .. تحصل كل صوبة على نحو ٨٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ١٢ كيلو جرامًا من النيتروجين).

أما العناصر الدقيقة فإنها تضاف — مرة واحدة أسبوعيًا — بمعدل ٥٠–١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر تُذاب فى ٥٠ لترًا — ١٠٠ لتر من الماء لكل صوبة. يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة بزيادة عمر النباتات.

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم، وبخاصة ما يتعلق منها بعدم الجمع — عند التسميد — بين نترات الكالسيوم وأى من الأسمدة الأخرى.

بعض الجوانب الخاصة بالزراعات اللاأرضية

مزارع بيئات الجذور الصلدة اللاأرضية

تبين لدى لدى مقارنة نمو ومحصول الفلفل فى بيئات: مسحوق ليف جوز الهند،

وفوم اليوريا فورمالدهيد. وقشور الأرز المضاف إليها جل البولى أكريلاميد polyacrylamide (لتحسين احتفاظها بالرطوبة) أن ارتفاع النباتات، والوزن الطازج الكلى للأوراق. وقطر الساق كانوا الأعلى فى بيئة مسحوق ليف جوز الهند والأقل فى بيئة قشور الأرز، وهى التى كن فيها — كذلك — أقل محصول وأسوأ نوعية للثمار (Del Amor & Gómez-López ٢٠٠٩)

بمقارنة إنتاج الفلفل فى الصوف الصخرى وفى البرليت بإنتاجه فى تربة رملية صفراء مغطاة بالملش البلاستيكى. كان الإنتاج فى الصوف الصخرى والبرليت أكثر تبكير. وبلتالى ازدادت معهما مبيعات الثمار الأعلى سعرًا عما فى حالة الزراعة الأرضية كذلك ازداد فى تلك المزارع محصول ثمار الدرجة الثانية. إلا أن ثمارها كانت أصغر حجمًا عما فى الزراعة الأرضية وقد كان استهلاك الماء والاحتياجات السمادية أقل للنباتات النامية فى التربة عما كان عليه الحال بالنسبة لكل من نباتات زراعات الصوف الصخرى والبرليت، إلا أن كفاءة استخدام الماء كانت أعلى فى مزارع البرليت عما فى مزارع الصوف الصخرى (Escobar & Garcia ١٩٩٥)

يتطلب إنتاج محصول عالٍ من الفلفل أن تكون أوعية نمو النباتات كبيرة، مع وجود برنامج قوى للتسميد، علمًا بأن استخدام أوعية النمو الصغيرة (٩ ديسمتر مكعب) يؤدى إلى التبكير فى الإزهار والحصاد. مع قصر فى فترة الحصاد ونقص فى المحصول (Xu & Kafkafi ٢٠٠١)

خصائص المحاليل المغذية فى الزراعات اللاأرضية

مصادر العناصر المغذية وتركيزاتها

أوضحت نتائج دراسات لتسميد أن استعمال تركيز مرتفع ثابت من النيتروجين النتراتى فى المحاليل المغذية (١٧٥ جزءًا فى المليون) — فى مزارع الصوف الصخرى — كان أفضل للفلفل من استعمال تركيز متوسط ثابت (١٢٠ جزءًا فى المليون)، أو تركيزات متدرجة فى الزيادة (٦٠، ثم ٩٠، ثم ١٢٠ جزءًا فى المليون) خلال مراحل النمو النباتى؛

حيث ترتب على استعمال التركيز المرتفع الثابت زيادة معنوية فى كل من عدد الثمار، ووزن الثمرة، والمحصول الكلى، مقارنة بالمعاملتين الأخريين، بينما لم تتأثر نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى بمستوى النيتروجين المستعمل فى تغذية النباتات (عن Schon وآخرين ١٩٩٤)

ولتغذية الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، يوصى بأن يكون النيتروجين نتراتيًا بنسبة ١٠٠٪ فى ظروف الإضاءة القوية، بينما يفضل استعمال محاليل مغذية تحتوى على نيتروجين نتراتى: نيتروجين أمونيومى بنسبة ٩:١، أو ٨:٢ فى ظروف الإضاءة الضعيفة (Jung وآخرون ١٩٩٤).

وبدراسة تأثير مستوى النيتروجين والبوتاسيوم فى المحلول المغذى لمزرعة مائية من الفلفل الجالابينو Jalapeno — وهو فلفل شديد الحرافة — كان أفضل تركيز للنيتروجين للمحصول هو ١٥ مللى مول، علمًا بأن تركيز مللى مول واحد من النيتروجين أحدث حفضًا جوهريًا لمحتوى الثمار من الكابسايسين. وأما البوتاسيوم، فقد أحدثت زيادة تركيزه بين ١، و ١٢ مللى مول زيادة خطية فى كل من الكتلة البيولوجية، وعدد الثمار، ووزن الثمار/نبات. إلاّ أن أفضل محصول كان عند استعمال تركيز ٦ مللى مول. هذا بينما لم يؤثر تركيز البوتاسيوم على حرافة الثمار (Johnson & Decoteau ١٩٩٦).

وكان أفضل تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للمزارع الهوائية aeroponics للفلفل هو ٩،٣ مللى مول/لتر للمحصول الكلى، و ٨،٣ مللى مول/لتر للجودة العالية (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمسة تركيزات كلية للنيتروجين تراوحت بين ٠،٢٥، و ١٤ مللى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤:١). وقد ازداد كلا من محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة (الصالحة للتسويق) بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمس نسب تراوحت بين ١:٤، و ٤:١. مع ثبات التركيز الكلى للنيتروجين عند ٧ مللى مول/لتر). وقد انخفض

محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة — بشدة — مع زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى عند ٢ مللى مول/لتر، وكانت تلك الزيادة سببًا رئيسيًا فى انخفاض تركيز الكالسيوم فى كل من الأوراق والثمار، وفى زيادة حالات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى. كذلك ازدادت نسبة الثمار المسطحة (المبططة) flat بزيادة تركيز الأمونيوم فى المحلول المغذى (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١).

بدراسة تأثير تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى (تراوح التركيز بين ٠،٢٥، و ١٤ مللى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤ : ١)، ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى (تراوحت النسبة بين ١ : ٤ إلى ٤ : ١، مع ثبات تركيز النيتروجين عند ٧ مللى مول/لتر) على نمو الفلفل، ونتح النباتات، وامتصاص العناصر فى مزرعة مائية هوائية aero-hydroponic، وجد ما يلى:

١- تراوح أفضل تركيز للنيتروجين لتراكم المادة الجافة فى السيقان والأوراق بين ٨، و ٩،٢ مللى مول/لتر.

٢- كانت أفضل نسبة نيتروجين نتراتى إلى نيتروجين أمونيومى لتراكم المادة الجافة فى السيقان هى ٣،٥ : ١.

٣- كان أفضل تركيز للنيتروجين لإنتاج المادة الجافة فى الثمار هو ٩،٤ مللى مول/لتر.

٤- ازداد إنتاج المادة الجافة بالثمار خطيًا بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المدى المدروس.

٥- أثر تركيز النيتروجين — وليس مصدره — على محتوى الأوراق من الكلوروفيل.

٦- كانت النباتات أقصر وأكثر إندماجًا بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى.

٧- كان لتأثير تركيز النيتروجين على النتح علاقة بتأثيره على وزن الأوراق والمساحة الورقية، بينما أدت زيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى إلى خفض النتح، وربما كان لذلك علاقة بتأثير زيادة النسبة على زيادة إندماج النمو

٨- ازداد امتصاص النيتروجين مع ازدياد تركيز العنصر فى المحلول المغذى، ومع انخفاض نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى، إلاّ أن انخفاض تلك النسبة قلل بشدة - من ناحية أخرى - من امتصاص الكاتيونات، وخاصة الكالسيوم (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١)

أدت زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى مياه الرى، وزيادة معدلات الرى إلى خفض محصول الفلفل فى مزرعة برليت بشدة. وفى المقابل .. أدى خفض تركيز النيتروجين الأمونيومى بخفض نسبته إلى النيتروجين النتراتى، أو بخفض التركيز الكلى للنيتروجين إلى تحسين المحصول. ولقد أدت عملية النترتة nitrification - التى استغرقت وقتًا - إلى خفض تركيز النيتروجين النشادرى فى منطقة نمو الجذور عند تقليل معدلات الرى (Silber وآخرون ٢٠٠٥).

التركيز الكلى للملوحة وعلاقتها بالنمو والمحصول والجودة

أدت زيادة ملوحة المحاليل المغذية من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم إلى نقص تراكم المادة الجافة فى نباتات الفلفل ومن بين أربعة أصناف تم اختبارها كان الصنف إتش دى أى ١٧٤ HDA 174 أفضلها نموًا فى تركيز ٥٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. كما كان أكثرها تراكمًا للصوديوم فى الأوراق. وقد نقص - بصورة عامة - تركيز البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، بينما ازداد تركيز الصوديوم والزنك فى الأعضاء النباتية بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية. وكان النمو النباتى أضعف ما يمكن عندما بلغ تركيز الصوديوم فى نصل الورقة بين ٠.٥٪ و ٤٪ على أساس الوزن الجاف (Cornillon & Paalloix ١٩٩٥، و ١٩٩٧)

وفى دراسة أخرى أدت زيادة تركيز اللوحة من ٥٠ إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية إلى نقص النمو النباتى. وزيادة محتوى النباتات من كل

من الصوديوم، والكلور، والبرولين، وزيادة مقاومة الثغور، بينما انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم، والنيتروجين الكلى، والكلوروفيل (Gunes وآخرون ١٩٩٦). كذلك أدت زيادة الملوحة بين صفر و ١٠٠ مللى مكافئ من كلوريد الصوديوم/لتر فى المحاليل المغذية إلى نقص محتوى الأوراق من البوتاسيوم، والفوسفور، والكالسيوم، وزيادة محتواها من الصوديوم، بينما أدت زيادة الملوحة إلى زيادة محتوى الثمار من جميع تلك العناصر (Gomez وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. ولم يتأثر الفلفل بالملوحة العالية حتى ٦٠ مللى مولار فى المحاليل المغذية، ولم يتجه أى من الصوديوم إلى الأوراق أو الثمار، وإنما تراكم فى نسيج النخاع فى قاعدة الساق وفى الجذور، بينما تناقص تركيز الصوديوم تدريجيًا فى خلايا النخاع وفى العصير الخلوى باتجاه القمة النامية للنبات (Blom-Zandstra وآخرون ١٩٩٨).

وقد دُرس تأثير زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى من ٢ مللى سيمنز/سم إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم — بإضافة محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إليه — على نمو ومحصول وجودة ثمار الفلفل. وقد وجد أن التركيزات العالية للأملاح نتج عنها نقص فى حجم الثمار ووزنها الجاف، وانخفاض فى مساحة الورقة، كما حفزت زيادة الملوحة على تراكم أكبر للمواد الغذائية المجهزة فى النموات الخضرية عما فى الثمار، ونقص استهلاك النباتات للماء، وأحدثت زيادة فى صلابة الثمار، وزيادة فى مقاومة الثغور، وفى محتوى الثمار من المادة الجافة، وفى تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين، وزيادة فى سرعة حدوث التغيرات اللونية (Tadesse وآخرون ١٩٩٩أ).

وعندما أعطيت هذه المعاملات (الـ EC العادى للمحلول المغذى ومقداره ٢ مللى سيمنز/سم، وزيادات فى الـ EC إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم/ بإضافات من محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إلى المحلول المغذى القياسى، وكذلك EC مقداره ١٠ مللى سمينز/سم بإضافات من خليط من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد

الكالسيوم بنسبة ٣ ١ وزنًا بوزن) للفلفل فـى مزرعـة تقنيـة الغـشاء المغـذى .. كانـت النتائج كما يلى

١- أدت التركيزات العالية للأملاح إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

٢- كانت لتلك الإصابة علاقة بتثبيط امتصاص الكالسيوم، وخفض تراكمـه بالثمـار، وخاصة طرفها الزهرى، مع زيادة فى تركيز كل من المغنيسيوم والبوتاسيوم فيها.

٣- أدت زيادة الكالسيوم فى EC ١٠ مللى سيمنز/سم إلى تحفيز تراكم الكالسيوم فـى الثمار وخفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Tadesse وآخرون ١٩٩٩ب).

كما دُرس تأثير مستويات مختلفة من التوصيل الكهربائى EC (٢، و ٣، و ٤، و ٦، و ٨ ديسى سيمنز/م) — بإضافات من أى من ملحى كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم على المحلول المغذى الأساسى الذى كانت درجة توصيله الكهربائى ٢,٠ ديسى سيمنز/م — على نمو وجودة ثمار الفلفل. أدت المستويات العالية من الملوحة إلى تقليل المحصول وحجم الثمار بشدة. كما انخفض المحصول الصالح للتسويق بسبب زيادة شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى مستويات الملوحة العالية. ولقد كانت كبريتات الصوديوم أخف وطأة من كلوريد الصوديوم فى خفضها لمحصول الفلفل وجوده ثماره، وخاصة فى مستويات الملوحة المتوسطة (Navarro وآخرون ٢٠٠٢).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

يستجيب الفلفل فى الزراعات المحمية كثيرًا لزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة؛ إذ يؤدى ذلك إلى زيادة نسبة العقد، والمحصول المبكر. وبالنسبة للمحصول الكلى فإن زيادة مقدارها ٢٠٠ جزء فى المليون فقط فى تركيز الغاز كانت كافية لزيادة عدد الثمار بنسبة ٦٠٪. وقد أصبحت التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون من الإجراءات العادية فى إنتاج الفلفل فى الزراعات المحمية فى هولندا (عن Wien ١٩٩٧).

وقد أفادت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٩٠٠ جزء فى المليون بمعدل ٨

ساعات يوميًا، لمدة ٣ أسابيع — مع وجود إضاءة صناعية إضافية (تحت ظروف كندا) — إلى زيادة الوزن الجاف لشتلات الفلفل بنسبة ٥٠٪ للنمو الخضرى، و ٦٢٪ للجذور، وإلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١١٪، مقارنة بمعاملة الشاهد (Fierro وآخرون ١٩٩٤).

وأدت زيادة تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء في المليون إلى تحسين معدل البناء الضوئي في الحرارة المنخفضة (١٥°م)، والإضاءة الضعيفة (٢٠ كيلو لكس)، بينما أدت المعاملة إلى مضاعفة معدل البناء الضوئي في الحرارة والإضاءة الأفضل (٢٠°م، و ٤٠ كيلو لكس، على التوالى)، وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Jeong وآخرون ١٩٩٤).

كما وجد أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون لم تؤثر على عدد أوراق النبات، ولكنها أحدثت أكثر من ٥٠٪ زيادة فى ارتفاع النبات (عن Heuvelink & Marcelis ١٩٩٦).

وأدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء في المليون إلى زيادة محصول ثلاثة أصناف من الفلفل ومتوسط وزن الثمرة، وإلى حدوث تحسن جوهرى فى كفاءة استخدام المياه لكل من المحصول الصالح للتسويق والمحصول الكلى، ولكن مع حدوث زيادة في نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Baba وآخرون ٢٠٠٦).

تربية وتقليم النباتات

لا يفيد إجراء أى تقليم لنباتات الفلفل فى الزراعة المحمية، لكن تدعم النباتات لحماية الأفرع من الميل لأسفل والانكسار بإحدى الطرق التالية:

١- توجيه ٣-٤ أفرع رئيسية من كل نبات على خيوط رأسية عندما يبلغ ارتفاعها ٣٠ سم، مع لفها على الخيوط كل ٣ أسابيع دون إجراء أى تقليم لباقى الأفرع، ولكن تقلم تلك التى تنمو أسفل الفروع المنتخبة (شكل ١٠-١، يوجد فى آخر الكتاب).

ويفضل تقليم النباتات ليتبقى أقوى ساقين، مع تدعيمهما بربطهما — من خيط —

فى سلك يكون على ارتفاع ٢٤٠ سم من التربة، ومع إزالة جميع الفروع الجانبية التى تتكون عند العقد الخمس إلى السبع الأولى فوق سطح التربة، أما بعد ذلك فيسمح للنباتات بالتفرع من الساقين الرئيسيين. هذا .. وتعقد ثمرة أو ثمرتين عند كل عقدة (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

٢- حصر النمو النباتى بين ثلاثة خيوط أفقية تمتد على جانبى النباتات بامتداد خط الزراعة المزدوج، وربط النباتات بها، مع ربط الخيوط نفسها بدعامات تثبت فى الأرض كل ثلاثة أمتار، وتكون بارتفاع ١٤٠ سم فوق سطح الأرض (شكل ١٠-٢، يوجد فى آخر الكتاب)

٣- حصر النمو النباتى بين خيوط طولية تُربط فى دعائم كل مترين، مع توجيه النباتات رأسيًّا على خيوط (شكل ١٠-٣، يوجد فى آخر الكتاب)، أو بين خيوط أخرى عرضية تشد كالزجزاج بين الدعائم.

٤- حصر النمو النباتى بين ثلاثة أدوار من خيوط تمتد أفقيًّا على جانبى خط الزراعة المزدوج كما فى الطريقة الثانية، مع المحافظة على التوجه الرأسى للنباتات باستعمال ثلاث طبقات من شباك ذات فتحات واسعة، واحدة تلو الأخرى — فوق مستوى النمو النباتى مباشرة خلال مختلف مراحل نمو النباتات.

ويجب — دائمًا — المحافظة على النمو الرأسى للنباتات للحصول على أعلى محصول (عن Kanahama ١٩٩٤)

وفى دراسة أُجريت على الفلفل قورن فيها وجود ٦ سيقان، و ٨ سيقان بكل متر مربع على محصول الثمار (تحددت الست سيقان بزراعة ١٫٥ أو ٣٫٠ أو ٦٫٠ نباتات/م٢ مع تقليمها على ٤، أو ٢، أو ساق واحدة/نبات، على التوالى، وتحددت الثمانى سيقان بزراعة ٢، أو ٤، أو ٨ نباتات/م٢ مع تقليمها على ٤، أو ٢، أو ساق واحدة/نبات، على التوالى)، وجد ما يلى:

١- ارتبط عدد الأوراق بالنبات إيجابيًّا بعدد السيقان/نبات.

٢- أدى الحد من عدد السيقان/نبات مع زيادة كثافة الزراعة بقدر مواز إلى زيادة

كفاءة تغطية سطح لتربة بالنموات الخضرية التى ازداد فيها دليل المساحة الورقية

٣- كان نفاذ الأشعة النشطة فى البناء الضوئى خلال النمو الخضرى أكثر فاعلية عندما كانت الزراعة على مسافات واسعة، ولكن مع وجود عدد أكبر من السيقان/نبات

٤- ازداد محصول الثمار المبكر والكلى بوحدة المساحة من الأرض مع زيادة كثافة الزراعة، وحُصل على أعلى محصول عندما زرع ثماني نباتات/م^{2} مع تربيتها على ساق واحدة/نبت

٥- لم تؤثر المعاملات على جودة الثمار (Cebula ١٩٩٥)

وعندما قورن تأثير تربية نباتات الفلفل فى الزراعات المحمية على شكل حرف V بتقليمها على فرعين رئيسيين، أو على شكل مربع أو مخروط بتقليمها على ساق واحدة رئيسية، وجد ما يلى:

١- أدى التقليم على ساق واحدة رئيسية إلى زيادة كل من سمك نصل الأوراق، ونفاذية الضوء خلال النمو الخضرى، والمحصول المبكر والكلى، ومحتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، وذلك مقارنة بالتربية على فرعين رئيسين.

٢- لم يختلف متوسط وزن الثمرة بين المعاملتين (Cebula وآخرون ١٩٩٨).

كذلك قورن تأثير تربية الفلفل بطريقتين، هما نظام حرف الـ V (V system) — وهو الذى تُربى فيه النباتات على فرعين — والنظام الإسبانى Spanish system (وهو الذى لا تقلم فيه النباتات) على محصول ونوعية ثمار الفلفل الحلو، مع استخدام مستويات مختلفة من كثافات الزراعة، هى: ١٥، و ١,٩، و ٣٠، و ٣٨ نبات/م^{2}. وقد وجد أن إنتاج الثمار الكبيرة الحجم (extra-large) كان أعلى فى النباتات غير المقلمة بنسبة ٣٨٪ عما فى النباتات المَقلَّمة. كذلك فإن عدد الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفض بنسبة ٥٠٪ فى معاملة عدم التقليم وبينما كان عدد العقد الحاملة للبراعم الزهرية فى النباتات المَقلَّمة أقل بمقدار ٥٠٪ عما فى النبتات غير

المَقلمة. فإنه ازداد فيها نسبة العقد وايًا كانت طريقة التربية، فإن عدد الثمار العاقدة بالنبات نخفض خطيًا بزيادة كثافة الزراعة. وبصفة عامة فإن النظام الإسباني بكثافة ٣،٨ نبات/م٢ أعطى أعلى محصول من الثمار الكبيرة الحجم، وتطلب عمالة أقل بمقدار ٧٥٪ عما تطلبه نظام حرف الـ V، وذلك فى عمليات التقليم والتربية (Jovicich وآخرون ٢٠٠٤).

هذا وتفيد إزالة البراعم الزهرية الأولى (دون مبالغة فى ذلك الأمر) فى تحفيز تكون نموٍ خضرى قوىٍ وزيادة المحصول

كذلك يفيد التخلص من الأوراق السفلية الصفراء والمصابة بالأمراض فى تحسين التهوية فى خطوط الزراعة، ولكن يجب عدم المبالغة فى ذلك الأمر كذلك، وإلا أثر سلبيًا على المحصول.

وتجب إزالة الثمار المشوهة والمصابة بالأمراض والآفات بمجرد التعرف عليها، لكى لا تستنزف طاقة النبات فى إنتاج ثمار غير صالحة لتسويق.

تحسين عقد الثمار

الوسائل الميكانيكية

غالبًا ما تُهز النباتات أو أسلاك حمل المحصول لتأمين حدوث تلقيح مناسب وعقد جيد.

استعمال النحل

وجد Shipp وآخرون (١٩٩٤) أن استعمال النحل الطنان *Bombus impatiens* فى تنعيج العلس فى الزراعات المحمية لمدة ٢٤ ساعة أسبوعيًا أدى إلى زيادة وزن الثمرة، وحجمها، ونوعيتها

وأدى تعريض نبتات الفلفل فى الزراعات المحمية لزيارات من أى من النحل الطنان

Bombus terrestris (الذى أُدخل فى الصوبة)، أو نحل العسل *Apis mellifera* (الذى سُمح له بالدخول فى الصوبة من خلايا قريبة خارجها) إلى زيادة أعداد الثمار/نبات، وزيادة أحجامها، وزيادة محتواها من البذور، مقارنة بالوضع فى النباتات التى مُنعت زيارة النحل لها. وقد كان النحل الطنان أفضل من نحل العسل كملقح للفلفل فى الصوبات (Porporato وآخرون ١٩٩٥)

كذلك أدى استخدام النحل الطنان فى تلقيح الفلفل فى الزراعات المحمية — مقارنة بالكنترول بدون ملقحات — إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ٢٩,٦٪، والمحصول الكلى بنسبة ٢٢,٤٪. مع زيادات — كذلك — فى كل من وزن الثمرة، وقطرها، وحجمها، وسمك جدرها (Abak وآخرون ١٩٩٧).

وكان محصول الفلفل الناتج من التلقيح بنحل العسل (٢٢,٦ كجم/وحدة تجريبية) مماثلاً لذلك الناتج من التلقيح بالنحل الطنان (٢٣,٤ كجم)، وكان المحصول فى كليهما أعلى جوهريًا (بمقدار ٣١٪، و ٣٦٪ على التوالى) عن محصول معاملة الكنترول (١٧,٥ كجم/وحدة تجريبية)، التى كان الاعتماد فيها على التلقيح الذاتى الطبيعى. وبينما لم تُسهم الزيادة فى حجم الثمار إلاّ قليلاً فى الزيادة فى محصول معاملتى التلقيح، فإن أعداد ثمار الدرجة الأولى فيها كانت أعلى جوهريًا مقارنة بأعداد ثمار الدرجة الأولى فى معاملة الكنترول. ولقد كان واضحًا أن كلاً من نحل العسل والنحل الطنان — اللذان لم يختلفا جوهريًّا فى عدد زياراتهما لأزهار الفلفل — كان لهما — تأثيرات إيجابية متماثلة على محصول الفلفل (Dag & Kammer ٢٠٠١).

وقد تراوحت نسبة البويضات التى خُصِّبت وأعطت بذورًا لصنفين من الفلفل بين ٤٠,٧٪، و ٤٩,٨٪ عندما سُمح للنحل الطنان بزيارة الأزهار، بينما تراوحت النسبة فى نباتات الكنترول (التى تركت للتلقيح الذاتى) بين ٢٥,٧٪، و ٢٧,٥٪. وارتبطت نسبة عقد البذور —بشدة — بعدد زيارات النحل للزهرة، ولكن كان الارتباط ضعيفًا بين نسبة عقد البذور وطول فترة زيارة النحل للأزهار، وكان ذلك مرافقًا بزيادة فى أعداد حبوب

اللقاح التى أودعت بسطح مياسم الأزهار فى حالة التلقيح بالنحل الطنان عما فى حالة التلقيح الذاتى. هذا .. وقد أعطت الأزهار التى زارها النحل الطنان ثمارًا أكبر حجمًا ووزنًا عن تلك التى أعطتها الأزهار التى لقحت ذاتيًّا (Roldan Serrano & Guerra-Sanz ٢٠٠٦).

الحصاد والمحصول

يبدأ الحصاد بعد نحو ٥٠ إلى ٨٠ يومًا من الشتل حسب الحرارة السائدة وظروف النمو، ويستمر لمدة ٥–٧ شهور، ويجرى الحصاد مرتين أسبوعيًا فى الجو الدافئ ومرة واحدة أسبوعيًّا فى الجو البارد، ويتم قطع الثمرة بجزء من العنق.

يتراوح متوسط محصول الفلفل فى الزراعات المحمية – فى مختلف الدول العربية – بين ٢ كجم و ١١ كجم/م^{2}، بمتوسط عام قدره ٥,٦٤ كجم/م^{2}. وتبلغ أعلى إنتاجية (١١ كجم/م^{2}) فى مصر. ونظرًا لأن هذا الرقم يُمثل متوسط إنتاج المتر المربع، لذا .. يتوقع أن تعطى الزراعات المتميزة إنتاجًا أعلى من ذلك.

صفات الجودة

نمو الثمار وحجمها النهائى

وجد Cochran (١٩٤١) أن منحنى نمو ثمار الفلفل ذو شكل سيجمويد Sigmoid (أى يأخذ شكل حرف S). فقد تبين من دراسته على ثمار الفلفل من صنف بيرفكشن Perfection أن نمو الثمار يمر بالمراحل التالية:

١– مرحلة يكون فيها النمو بطيئًا، وتبدأ من بداية تكوين البراعم، وتستمر حتى بعد تفتح الزهرة بنحو ٣–٤ أيام.

٢– مرحلة يكون فيها النمو سريعًا، وتستمر لمدة حوالى ٣ أسابيع بعد المرحلة الأولى.

٣– مرحلة يكون فيها النمو بطيئًا مرة أخرى، وتستمر حتى قرب نضج الثمار.

يتشكل تركيب مبيض زهرة الفلفل — من حيث الشكل العام وعدد الكرابل — فى الفترة التى تسبق تفتح الزهرة. وتحدث الزيادة فى حجم المبيض خلال تلك الفترة عن طريق الانقسام وتكوين مزيد من الخلايا، بينما تحدث الزيادة فى حجم المبيض بعد الإزهار (أى الزيادة فى حجم الثمرة) — أساسًا — عن طريق الزيادة فى حجم الخلايا التى سبق تكوينها فى المرحلة السابقة لتفتح الزهرة. هذا إلا أن عملية انقسام الخلايا تستمر بمعدل منخفض — فى بعض المراحل التالية من تكوين الثمرة — فى الأصناف ذات الثمار الطويلة، وخاصة عند قاعدة الثمرة (عن Wien ١٩٩٧).

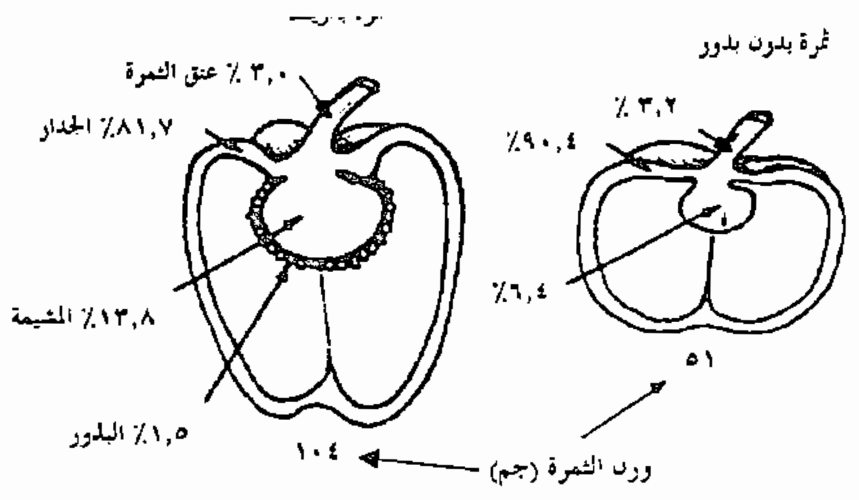
وترجع الاختلافات فى حجم الثمار — بدرجة أساسية — إلى اختلاف الأصناف فى عدد الخلايا التى توجد بثمارها. وبدرجة أقل إلى الاختلاف فى حجم خلاياها (Kano وآخرون ١٩٥٧). وتلك صفات وراثية تختلف من صنف لآخر، إلا أنها ترتبط بشدة مع عدد البذور فى الثمرة.

وتختلف نسب الأجزاء المختلفة التى تتكون منها ثمرة الفلفل (عنق الثمرة، والجدار الثمرى، والمشيمة، والبذور) باختلاف الصنف، وحجم الثمرة، وعدد البذور فيها (شكل ١٠-٤).

وعلى سبيل المثال وجد Cochran (١٩٦٣) أن ثمرة صنف الفلفل توهارت برفكشن Tuhart Perfection تتكون من الأجزاء التالية: ٧٦,٠٨٪ جدار ثمرى، و ١٦,٣٣٪ مشيمة، و ٤,١٤٪ بذور، و ٣,٤٥٪ عنق ثمرة. ويلاحظ أن المشيمة شكلت نسبة كبيرة نسبيًا من وزن الثمرة.

وتتراوح درجة الحرارة المثلى لعقد الثمار البذرية ونموها بين ١٩، و ٢١°م. وبارتفاع الحرارة ليلا إلى ٢٤°م يقل عقد الثمار، ولكن يزيد فيها عقد البذور، حيث وصل عدد البذور فيها إلى ١٠٦ بذرات، مقارنة بتواجد ٩٠ بذرة/ثمرة عندما كانت حرارة الليل ٢١°م، و ٧٧ بذرة/ثمرة فى حرارة ليل ١٨°م، و ٥٢ بذرة/ثمرة فى حرارة ليل ١٥°م. وفى الحرارة الأخيرة (١٥°م) كانت ٣٤٪ من الثمار خالية من البذور. وتكون المشيمة

طبيعية النمو فى الثمار التى تحتوى على عدد طبيعى من البذور، بينما تكون غير مكتملة النمو فى الثمار غير البذرية أو التى تحتوى على عدد قليل من البذور (Rylski ١٩٧٣ ، و ١٩٨٦).



شكل (١٠-٤): نسب المكونات المختلفة لثمرة فلفل بذرية (على اليسار)، ولابذرية (على اليمين)، وكلاهما من طراز كاليفورنيا وندر.

ونظرًا لأن نمو ثمرة الفلفل يعتمد على نمو مبيض الزهرة — سواء أكان مخصبًا أم غير مخصب — ونظرًا لأن الإخصاب له تأثير كبير على نمو كلا من البويضات والمشيمة، لذا .. فإن النمو المنتظم للثمار يعتمد على عدد البويضات المخصبة، والتى تعطى البذور عندما تكمل نموها. ويتراوح معامل الارتباط بين حجم ثمرة الفلفل وعدد البذور فيها بين ٠,٩٦ و ٠,٩٩ أيًا كانت درجة الحرارة السائدة. هذا إلا أن وزن الثمرة/بذرة يقل بزيادة عدد البذور فى الثمرة، ولذا .. فإن وزن الثمرة/بذرة يزيد فى الثمار التى تعقد فى حرارة منخفضة ليلاً عما فى الثمار التى تعقد فى حرارة مرتفعة (Rylski ١٩٧٣).

ويكفى — عادة — عقد نحو ٢٠٪ إلى ٣٠٪ من الحد الأقصى الممكن للبذور فى الثمرة

الواحدة لكى تعقد وتستمر فى النمو، ولكن الثمار التى تحتوى على عدد كبير من البذور تثبط نمو الثمار التى تليها فى العقد (Marcelis & Baan Hofman-Eijer ١٩٩٧)

كذلك يتناقص وزن ثمرة الفلفل تدريجيًا مع التقدم فى موسم الحصاد (Khan & Passam ١٩٩٢)، ومع زيادة عدد الثمار التى يحملها النبات؛ ومع أى شدٍ بيئى يمكن أن يؤثر سلبيًا على النمو الخضرى للنبات (عن Wien ١٩٩٧).

فالثمار الكبيرة النامية تؤثر سلبيًا على نمو الثمار الأحدث منها فى التكوين؛ مما يؤدى إلى صغر الثمار التى تتكون أعلى النبات فى الحجم. وقد وجد Ali & Kelly (١٩٩٢) أن هذا التأثير السلبى للثمار الكبيرة على الثمار الأحدث منها يظهر على صورة نقص فى الزيادة فى وزن الثمرة، وطولها، وقطرها، وسمك جدرها، ولكن هذه التأثيرات لم تكن معنوية إلا خلال الأسبوعين الأول والثانى التاليين لعقد الثمرة تحت ظروف الصوبة، ولمدة ٤ أسابيع من العقد تحت ظروف الحقل أما بعد ذلك . فلم تكن تلك التأثيرات معنوية وأوضحت الدراسات التشريحية نقص نشاط انقسام الخلايا، وتكون عدد أقل من طبقات الخلايا فى جدار المبيض فى البراعم الزهرية والثمار الصغيرة التى تعرضت للمنافسة من الثمار الأكبر منها، مقارنة بتلك التى لم تتعرض للمنافسة ويعنى ذلك أن المحافظة على قوة النمو الخضرى بصفة دائمة ربما يؤمن توفير الغذاء المجهز للبراعم الزهرية والثمار الصغيرة، فلا تتأثر سلبيًا بمنافسة الثمار الكبيرة لها.

وكما أسلفنا .. فإن نمو ثمار الفلفل يأخذ شكل المنحنى الزيجمويد S curve، وينطبق على كل من طول الثمرة، وقطرها، ووزنها الطرى، ووزنها الجاف. وعندما كانت الحرارة ٢٠ °م، وصلت ثمار الصنف مازوركا Mazurka إلى طور النضج الأخضر المناسب للحصاد بعد ٤٠–٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، واكتسبت الثمار اللون الأحمر بعد ٢٠ يومًا أخرى. هذا إلا أن الوزن الطرى للثمرة لم يزدد بأى قدر يعتد به بعد ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، بينما ازداد وزنها الجاف بنسبة ٢٠٪. وقد انخفضت نسبة المادة الجافة

فى الثمار من حوالى ١٦٪–١٨٪ عند تفتح الزهرة إلى نحو ٦٪–٨٪ بعد ٣٠ يومًا، ثم ارتفعت بعد ذلك إلى ٨٪–١٠٪. وظلت نسبة المادة الجافة التى احتوتها البذرة من المادة الجافة الكلية للثمار ثابتة تقريبًا خلال جميع مراحل نمو الثمرة، ولكنها تباينت كثيرًا (من صفر ٪ إلى ١٨٪) بين ثمرة وأخرى، وذلك حسب محتواها من البذور (Marcelis & Baarr Hofman-Eijer ١٩٩٥).

تصل إلى ثمار الفلفل نحو ٥٠٪ من المادة الجافة فى النبات فى كل من الأصناف الكبيرة الثمار (مثل ماووركا)، والصغيرة الثمار (مثل Eug. 3506) على حد سواء (Jang & Chung ١٩٩٨).

وقد كانت مبايض أزهار الفلفل مازوركا Mazurka، والسلالة ٨٩٩ النامية فى حرارة ١٢°م ليلاً أكبر حجمًا عن نظيراتها فى النباتات التى نمت فى حرارة ليل ١٨ °م. وأدت معاملة البراعم الزهرية الصغيرة بمركب ثلاثى يوديد حامض البنزويك triodobenzoic acid (اختصارًا: TIBA) على حرارة ١٨°م إلى زيادة حجم مبايض الأزهار بطريقة مماثلة لتلك التى تصاحب التعرض لحرارة الليل المنخفضة. وبالمقارنة .. فإن المعاملة بنفثالين حامض الخليك NAA كان تأثيرها أقل كثيرًا. هذا .. بينما لم تؤد المعاملة بأى من ثيوكبريتات الفضة silver thiosulfate، أو أمينو أوكسى حامض الخليك aminooxyacetic acid إلى إحداث أى تغيير فى فعل الحرارة المنخفضة أو المعاملة بالـ TIBA. وقد أظهر الهستولوجى للمبايض الزهرية المتضخمة وجود زيادة واضحة فى كل من طول الخلايا وعرضها مع زيادة بدرجة أقل فى عدد الخلايا فى التخت والمشيمة. ويبدو أن الأوكسينات تلعب دورًا فى زيادة حجم مبيض الزهرة، نظرًا لأن المعاملة بالـ TIBA أدت إلى تراكم الأوكسين فى الأعضاء المعاملة، هذا بينما لم يؤثر الإثيلين فى هذا الخصوص (Pressman وآخرون ١٩٩٨).

شكل الثمار

تختلف طريقة تكوين ثمرة الفلفل عنها فى الطماطم والكوسة من حيث أن شكل

المبيض فى الفلفل لا يعطى أى مؤشر إلى الشكل المتوقع للثمرة؛ فمن مبيض كروى عند تفتح الزهرة يمكن أن تتكون ثمرة فلفل طويلة. ويتحدد الشكل النهائى لثمرة الفلفل بالتغيرات فى شكل الخلايا واتجاه الانقسامات الخلوية ومدى استمرارها بعد تفتح الزهرة (عن Wien ١٩٩٧)

فيتأثر شكل ثمرة الفلفل أساسًا بعملية انقسام الخلايا التى تحدث فى المرحلة السابقة لتفتح الأزهار وتحدث بعض الانقسامات فى قاعدة المبيض — وخاصة فى الثمار القمعية الشكل — أثناء تفتح الزهرة وبعد تفتحها. ويتأثر حجم الثمرة بعملية استطالة الخلايا عند تفتح الزهرة وبعد تفتحها. وتوجد منطقة النمو فى الثمرة فى قاعدتها وخاصة فى الثمار القمعية أما فى الثمار الناقوسية فإن النمو يحدث بصورة متجانسة فى مختلف أجزاء الثمرة (Rylski ١٩٨٦).

وقد وجد أن الزيادة فى الطول تحدث فى الأصناف ذات الثمار الطويلة نتيجة لانقسام الخلايا فى نفس اتجاه استطالة الثمار لعدة أيام بعد تفتح الزهرة، ثم زيادة الخلايا التكونة فى الحجم فى نفس الاتجاه أيضًا (Kano وآخرون ١٩٥٧).

وتأخذ ثمار الفلفل الشكل المميز للصنف عندما تسود الجو حرارة معتدلة تتراوح بين ١٨، و ٢٠°م أثناء وبعد تفتح الأزهار (Rylski ١٩٧٣).

ويمكن أن تؤثر درجة الحرارة السائدة قبل تفتح الزهرة على شكل الثمرة؛ فقد أدى تعريض نباتات الفلف لحرارة عالية ثابتة مقدارها ٣٥°م بداية من مرحلة تكوين الورقة الحقيقة الثالثة حتى مرحلة تكوين عقدة التفريع الثالث، ثم نقلها بعد ذلك إلى حرارة ٢٥°م نهارا مع ١٨°م ليلاً، أو إلى الحقل .. أدت هذه المعاملة إلى زيادة متوسط عدد الحجرات بالثمرة فى كل الأصناف سواء أكانت ناقوسية أم مخروطية الشكل، مقارنة بمعاملة بقاء النباتات فى حرارة ٢٥°م نهارًا مع ١٨°م ليلاً، ولكن تلك المعاملة الأخيرة أعطت أكبر الثمار حجمًا، بينما كانت أصغر الثمار حجمًا تلك التى أنتجتها النباتات التى أُبقيت خلال المرحلة الأولى للنمو (من مرحلة تكوين الورقة الحقيقة الثالثة إلى مرحلة تكوين عقدة التفريع الثالث) فى حرارة ثابتة مقدارها ١٨°م. وعلى الرغم من أن

عدد المساكن فى ثمار معاملة الحرارة المنخفضة (١٨°م) كان أكبر قليلاً مما فى الحرارة المعتدلة (١٨/٢٥°م) بصورة دائمة، إلا أن تلك الثمار كانت — إلى جانب كونها صغيرة الحجم — قصيرة وغير صالحة للتسويق (Ali & Kelly ١٩٩٣).

وعندما تتكون الزهرة فى حرارة منخفضة تصل إلى ١٠°م — أو أقل من ذلك — ليلاً، فإنها تعطى ثمرة صغيرة مسطحة. وفى حرارة ليل أعلى من ١٠°م وأقل من ١٨°م يستمر مبيض الزهرة فى النمو، وتكون الثمرة مدببة فى طرفها الزهرى. وتصل نسبة طول المبيض إلى قطره فى الصنف كاليفورنيا وندر ٠,٩١ فى حرارة ١٨–٢٠°م، بينما تكون النسبة ٠,٧٩ فى حرارة ليل ١٠°م. وتبلغ نسبة طول الثمرة إلى قطرها أقصى مدى لها فى الصنف كاليفورنيا وندر (١,١–١,٤) عند تكون الحرارة عالية (١٨–٢٠°م) حتى تفتح الزهرة، ثم تنخفض بعد ذلك (عن Rylski ١٩٨٦).

وتجدر الإشارة إلى أن مبايض الأزهار فى النباتات التى تنمو فى حرارة ٨–١٠°م ليلا — قبل الإزهار — تكون أكبر حجمًا عن نظيراتها التى تتعرض فيها النباتات لحرارة ليل مقدارها ١٨–٢٠°م. وتتميز الثمار التى تنتج من تلك الأزهار بانخفاض نسبة طول الثمرة إلى عرضها، وببقاء قلم الزهرة فى الثمار المتكونة مع تضخمه (عن Wien ١٩٩٧).

لون الثمار

يرجع لون ثمار الفلفل إلى خليط من صبغات الليكوبين lycopene، والزانثوفيل xanthophyll، والكاروتين carotene، بالإضافة إلى خليط من عديد من الصبغات الأخرى وتعتبر صبغة الكابسانثين Capsanthin من أهم الصبغات التى توجد فى البابريكا (Purseglove ١٩٧٤). وتوجد المركبات الملونة فى الطبقة الخارجية من الجدار الثمرى (عن Wien ١٩٩٧).

وقد تباينت نسبة الكاروتينات الكلية فى ثمار الفلفل حسب لونها، كما يلى:

لون الثمار	الكاروتينات الكلية (مجم/١٠٠ جم وزن طازج)
أبيض	صفر
أصفر	٢,٢٤
برتقالى	٢,٤٩
أحمر	٨٥,٥٠

وعلى الرغم من تشابه الثمار الصفراء والبرتقالية اللون كليًا ق محتواها من الكاروتينات الكلية، فإنهما يختلفان فى نوعية تلك الكاروتينات. وتتشابه أنواع الكاروتينات التى توجد فى الثمار البرتقالية مع تلك التى توجد فى الثمار الحمراء باستثناء اختفاء الكاروتينات القيلة التأكسد من الثمار الصفراء (عن Rylski ١٩٨٦).

وعندما قُدِّر محتوى ثمار الفلفل من الصبغات الكاروتينية بعد ٤، و ٧، و ١٠ أسابيع من تفتح الأزهار، وجد أن الكاروتينات الكلية ازدادت سريعًا بين الأسبوعين السابع والعاشر (Saga & Ogawa ١٩٩٥).

وقد أمكن التعرف على ١١ نوعا من الكاروتينات فى ثمار الفلفل الحريف الأحمر، بلغ إجمالى تركيزها ٦٥ مجم/١٠٠ جم وزن طازج (Kim وآخرون ١٩٩٧)

وتختلف ثمار الفلفل الصفراء عن الثمار الحمراء اللون من حيث نوعية الكاروتينات السائدة فيها، حيث تحتوى الثمار الصفراء على الكاروتينات ليوتين lutein، وفيولازانثين violazanthin بصفة أساسية مع الزانثوفيللات xanthophylls الأخرى، بينما يختفى الليوتين كلية من الثمار الحمراء، التى تتواجد فيها بصورة أساسية صبغة الكابسانثين capsanthin، وكذلك صبغة الكابسوروبين capsorubin، التى تميز ثمار البابريكا (عن Rylski ١٩٨٦)

وعمومًا فإن الصبغة الحمراء فى ثمار الفلفل الناضجة تتكون من مجموعة من الكاروتينات أساسها الكابسانثين capsanthin، والكابسوروبين capsorubin، وكربتوزانثين

cryptoxanthin. ويؤدى وجود تلك الصبغات إلى حجب الصبغات الصفراء بيتا كاروتين β-carotene، وفيولازانثين violazanthin التى تكون متواجدة — كذلك — والتى تكون هى السائدة فى الثمار الصفراء عند النضج.

وتوجد المركبات الملونة فى الطبقة الخارجية من الجدار الثمرى (عن Wien ١٩٩٧).

ويبلغ المحتوى الكاروتينى الكلى لثمار الفلفل البابريكا ذات الثمار السوداء *Capsicum annuum* var. *longum nigrum* (صنف Szentesi Fekete Fuszer) ٣,٢ جم/١٠٠ جم وزن جاف، وكانت أهم الكاروتينات المتواجدة فيها ونسبتها من المحتوى الكاروتينى الكلى. كما يلى:

الكاروتين	النسبة (٪)
Capsanthin	٤٢
Zeaxanthin	٨
Cucurbitaxanthin A	٦,٦
Capsorubin	٣,٢
β-carotene	٧

هذا بالإضافة إلى عديد من الكاروتينات الأخرى التى توجد بتركيزات منخفضة، والتى أمكن التعرف على ٢٩ مركبًا منها. وقد اقترحت عدة مسارات أيضية يمكن أن تقود إلى إنتاج مختلف الكاروتينات (Deli وآخرون ١٩٩٢، و ١٩٩٦).

وقد عزل المركب الكاروتينى cucurbitazanthin A (= كبسولوتين capsolutein — كذلك — من ثمار صنف الفلفل بولا Bola (Honero-Mendez & Minguez-Mosquera ١٩٩٨)

ويتأثر ظهور الصبغات الحمراء فى ثمار الفلفل عند نضجها بدرجة الحرارة السائدة، فتتكون بصورة جيدة فى مدى حرارى من ١٨–٢٤°م سواء أكانت الثمار على النبات، أم فى المخزن. ويكون اللون الأحمر مشوبًا بالاصفرار إذا ارتفعت حرارة الثمرة إلى أكثر من

٢٧°م خلال معظم فترة التلوين. كما تقل سرعة ظهور اللون الأحمر مع انخفاض الحرارة عن ١٨°م إلى أن يتوقف التلوين تمامًا في ١٣°م، لذا نجد أن الأصناف التي تستهلك حمراء يكون تلوينها رديئًا إذا كان نضجها متأخرًا في الخريف. وليس لضوء الشمس أو الظلام أي تأثير على ظهور اللون الأحمر إلا من خلال تأثيرهما غير المباشر على درجة حرارة الثمار (Sims & Smith ١٩٨٤).

ويواكب بداية التحول اللوني من الأخضر إلى الأحمر بدء زيادة تركيز الكلوروفيل b عن تركيز الكلوروفيل a (Gomez وآخرون ١٩٩٨). علمًا بأن تركيز كلوروفيل أ، و ب في الثمار الخضراء لصنف الفلفل Yolo Wonder A يبلغ ٥٧٢، و ٢٣٤ مجم/جم من الورن الجاف. على التوالي. وأن هذا الكلوروفيل يختفي تمامًا عند نضج الثمرة (Rylski ١٩٨٦).

وتحدث التغيرات اللونية في ثمار الفلفل أثناء نضجها بسبب تحول الكلوروبلاستدات الخضراء chloroplasts في الجدار الثمرى الخارجي exocarp إلى بلاستيدات ملونة chromoplasts ويسلك تحلل الكلوروفيل في هذه الحالة المسار ذاته الذي يسلكه تحلل الكلوروفيل في الأوراق التي تدخل مرحلة الشيخوخة وتبعًا لذلك . فإن أغشية البلاستيدات التي تبدأ في التحول من خضراء إلى ملونة تحتوى على نشاط عال لإنزيم phaeophorbide (Pheide a) oxygenase، وهو إنزيم رئيسي في عملية تحلل الكلوروفيل (Moser & Matile ١٩٩٧)

المحتوى الكيميائي للثمار

بدراسة تأثير قوة الأشعة الشمسية (الضوء العادى الكامل، و ٣/٢ إضاءة، و ٢/١ إضاءة بالتظليل)، وحرارة الليل (١٥، و ٢٠، و ٢٥°م)، والتغذية بثاني أكسيد الكربون (الكنترول بالتركيز العادى، و ١٠٠٠، و ١٥٠٠ جزء في المليون) على التركيب الكيميائي لثمار الفلفل، وجد ما يلي:

١- حُصل على أعلى تركيز للكابسايسينويدات capsaicinoids في ثمر النباتات

التى نمت فى ضوء الشمس الكامل بعد ٣٥ يومًا من تفتح الأزهار.

٢- كان تركيز الكابسايسينويدات بالثمار أعلى عندما كانت حرارة الليل ٢٠ أو ٢٥°م عما كان عندما كانت حرارة الليل ١٥°م.

٣- وصل تركيز الكابسايسينويدات إلى أعلى مستوى له بعد ٢٥ يومًا من تفتح الزهرة.

٤- كان تركيز الكابسايسينويدات أعلى فى ١٠٠٠ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون عما كان فى ثمار معاملة الكنترول أو معاملة تركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون من الغاز.

٥- كان أعلى تركيز للسكر الكلى — وهو ٣٪ - فى الثمار التى تكونت فى ضوء الشمس الكامل، وذلك بعد ٤٠ يومًا من تفتح الأزهار.

٦- انخفض تركيز الجلوكوز والفراكتوز ما بين اليوم الخامس عشر واليوم الأربعين من تفتح الزهرة فى صنفين، وحدث العكس فى صنف ثالث، ولم يكن لحرارة الليل وتركيز ثانى أكسيد الكربون تأثير على أى منهما.

٧- ازداد تركيز السكروز بالثمار مع نضجها.

٨- كان أعلى تركيز للسكروز فى الثمار التى تكونت فى حرارة ليل عالية، وفى ١٠٠٠ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون (Jeong وآخرون ١٩٩٥)ز

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

تشوهات الثمار

يصاحب تكوين الثمار البكرية — عادة — ظهور تشوهات مختلفة فى شكل الثمرة، ولكن لا يشترط غياب البذور لكى تظهر تلك التشوهات؛ ذلك لأن العوامل البيئية التى تؤدى إلى عدم الخصوبة وتكوين الثمار البكرية هى ذاتها التى تسبب حدوث تشوهات فى مبيض الثمرة يترتب عليها ظهور تشوهات الثمار.

ومن أمثلة تشوهات الثمار، ما يلى:

١- الثمرة المسطحة Flat Fruit .. ينتجها مبيض كبير ولكنه يكون مسطح هو كذلك

٢- الثمرة ذات القلم .. ينتجها مبيض ازداد فيه سمك القلم بصورة غير طبيعية

٣- الثمرة المركبة . تظهر على صورة ثمار صغيرة مشوهة على جوانب الثمرة الأصلية . وتنتج من نمو تكوينات غير طبيعية تشبه الكرابل تكون حول المبيض. تكون هذه الثمار الصغيرة دائمًا مشوهة وعديمة البذور.

٤- تكوين ثمار داخلية .. تظهر على صورة تكوينات تشبه الثمار داخل الثمرة الأصلية، ولكنها تكون دائمًا غير طبيعية (عن Rylski ١٩٨٦).

وبينما لم تؤثر الحرارة المرتفعة ليلاً (١٨°م) على عقد ونمو الثمار فى أصناف الفلفل ذات الثمار الكبيرة، فإن تلك الظروف أدت إلى إنتاج ثمار غير صالحة للتسويق فى أصناف الفلفل ذات الثمار الصغيرة؛ بسبب تأخيرها لتفتح المتوك، وما ترتب على ذلك من ضعف فى الإخصاب (عن Kanahama ١٩٩٤)

وفى مصر أدت تدفئة الصوبات البلاستيكية شتاء أثناء الليل حتى ١٦°م إلى نقص نسبة الثمار المشوهة، وزيادة محتوى الثمار من فيتامين جـ، مقارنة بعدم التدفئة، إلا أن التدفئة لم تؤثر معنويًا على محتوى الثمار من الكلوروفيل أو الصبغات الكاروتينية (El-Saeid وآخرون ١٩٩٦).

وقد أدت إزالة جميع الثمار التى يحملها النبات، أو إزالة أوراقه جزئيًا (توريقه)، أو خفض درجة الحرارة ليلاً إلى ١٢°م (مقارنة بحرارة ١٨°م) إلى تكوين أزهار مشوهة deformed. كما أدت إزالة جميع ثمار النبات وتوريقه إلى نمو ثمار مشوهة من البراعم الزهرية التى كان عمرها — وقت إجراء المعاملة — ثلاثة أيام قبل تفتح الزهرة وقد أدت معاملة إزالة الثمار إلى زيادة محتوى البراعم الزهرية (التى ظهرت بعد ١٥ يومًا من المعاملة) من السكريات المختزلة والنشا ويعتقد بأن معاملة إزالة الثمار تؤدى إلى توجيه الغذاء المجهز — الذى كان يتجه طبيعيًا إلى الثمار النامية — توجيهه إلى البراعم الزهرية، مما يؤدى إلى انتفاخها وتشوهها، ومن ثم تكوين ثم مشوهة (Aloni وآخرون ١٩٩٩).

البقع الملونة

تظهر البقع الملونة Colored Spots — غالبًا — على سطح ثمار الفلفل في صورة مساحات كبيرة متغيرة في اللون، وتتحلل فيها طبقات الخلايا التي تلي البشرة. تكون بداية ظهور هذه الحالة الفسيولوجية في الثمار الخضراء، حيث تظهر عليها مساحات صفراء تبقى كذلك حتى بعد تحول الثمرة إلى اللون الأحمر.

تختلف الأصناف في حساسيتها لظهور هذه الحال الفسيولوجية، ومن أكثرها حساسية الصنف مأور Maor.

وتزداد شدة الإصابة بزيادة التسميد الآزوتي والتظليل.

وتحتوي خلايا الجدار الثمري الخارجي المتأثرة بهذه الحالة الفسيولوجية على تركيزات أعلى من الكالسيوم عما في نظيراتها السليمة، كذلك تحتوي الخلايا المتأثرة على بللورات من أوكسالات الكالسيوم. ويزداد محتواها أكثر من حامض الأوكساليك (Aloni وآخرون ١٩٩٤).

تعفن الطرف الزهري

تظهر أعراض تعفن الطرف الزهري Blossom End Rot عند موضع اتصال الثمرة (وهي مبيض الزهرة المتضخم) بالقلم الزهري في كل من الثمار الصغيرة والثمار المكتملة التكوين على حد سواء. يبدو النسيج المصاب بلون رمادي فاتح، ويكون طريًا ومائي المظهر في البداية، ولكنه لا يلبث أن يتصلب بعد أن يجف. وإذا أصيبت الثمار وهي صغيرة فإن الجزء المتأثر من الثمرة قد يكون قطره مماثلاً لقطر الثمرة، وغالبًا ما تسقط هذه الثمار ولا يكتمل تكوينها. أما الثمار التي تُصاب متأخرة فإن الجزء المتأثر فيها يكون صغيرًا وتكمل بقية الثمرة نموها بصورة طبيعية.

تتلون الثمار المصابة عادة قبل موعد نضجها الطبيعي. كما تصيب الفطريات الرمية النسيج الميت المتحلل، ليصبح قاتم اللون. وقد تتمكن البكتيريا المسببة للعفن الطري من إصابة الثمرة من خلال النسيج المضار.

وتزداد شدة الإصابة فى الثمار الأولى التى تعقد على النباتات الصغيرة التى يكون نموها الجذرى مازال محدودًا

وتظهر حالة تعفن الطرف الزهرى — أساسًا — عندما يقل وصول الكالسيوم إلى طرف الثمرة الزهرى عما يلزم لنمو هذا الجزء من الثمرة بصورة طبيعية

وبينما تبلغ نسبة الكالسيوم ٠,١٧٪ فى ثمار النباتات المسمدة جيدًا بالعنصر (١٥٠ جزء من المليون من الكالسيوم فى المحاليل المغذية)، ولا تظهر على ثمارها أية إصابات بتعفن الطرف الزهرى. فإن النباتات التى تظهر بثمارها هذا العيب الفسيولوجى يكون محتواها من الكالسيوم منخفضًا. حيث بلغ فى إحدى الدراسات ٠,١٣٪ عندما احتوى المحلول المغذى على ٥٠ جزءًا فى المليون فقط من الكالسيوم

وينخفض تركيز الكالسيوم فى ثمار الفلفل بصورة طبيعية بالاتجاه نحو طرف الثمرة الزهرى. ويكون هذا النقص فى الطرف الزهرى أشد فى الثمار المتأثرة بتعفن الطرف الزهرى عما يكون عليه الحال فى الثمار الطبيعية (Morley وآخرون ١٩٩٣)

وبصورة عامة يكون مستوى الكالسيوم فى ثمار الفلفل منخفضًا، حيث يصل — حتى فى ظروف التغذية الطبيعية — إلى نحو ٠,٢٪–٠,٣٪ كما يقل تركيز الكالسيوم فى ثمرة الفلفل بالاتجاه من طرف العنق (حوالى ٠,٢٪) إلى الطرف الزهرى (حوالى ٠,٠٤٪–٠,٠٧٪) ولا يتجمع فى ثمار الفلفل سوى نحو ٦٪ من الكالسيوم الكلى الذى يمتصه النبات (عن Wien ١٩٩٧)

وعموما فإن المستوى الحرج للتغذية بالكالسيوم الذى يؤدى الانخفاض عنه إلى إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى يتأثر بكل من ظروف الجفاف، والملوحة، والتسميد الآزوتى، وقوة النمو النباتى

وترتبط كافة العوامل المؤثرة فى ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى بنقص إمدادات الكالسيوم -- التى تصل إلى أنسجة الطرف الزهرى للثمرة — عن حاجتها من العنصر، حيث تزداد شدة الإصابة فى الحالات التالية:

١- نقص مستوى الكالسيوم:

أجريت معظم الدراسات الخاصة بتأثير نقص الكالسيوم على الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المزارع المائية. ففى إحدى الدراسات ازدادت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل عندما كان مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى منخفضًا (٥٠ جزءًا من المليون) عما كان عليه الحال عندما كان مستوى الكالسيوم مناسبًا (١٥٠ جزءًا فى المليون). ويبين جدول (١٠-١) تأثير التغذية بمستويات مختلفة من الكالسيوم على شدة الإصابة فى دراسة أخرى.

جدول (١٠-١): تأثير مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى على إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل.

مستوى الكالسيوم	تركيز الكالسيوم (مللى مكافئ/لتر)	الثمار المصابة (٪)	محتوى الكالسيوم فى الثمار (٪)
منخفض	١,١	٢٥,٥	٠,١٨
متوسط	٢,٢	٢,٢	٠,٢١
مرتفع	٤,٠	صفر	٠,٢٤

٢- زيادة مستوى المغنيسيوم:

يرجع هذا التأثير إلى أن زيادة المغنيسيوم تؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم، بسبب التنافس الذى يحدث بينهما على الامتصاص. وفى إحدى الدراسات ازدادت معدلات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بزيادة تركيز المغنيسيوم فى المحاليل المغذية من ١٢ إلى ٩٧ جزءًا فى المليون، وصاحب ذلك نقص فى محتوى الثمار من الكالسيوم (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

٣- زيادة التسميد الآزوتى:

أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، وازداد هذا التأثير عند استعمال مصادر نشادرية للنيتروجين .. ففى إحدى الدراسات ازدادت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى من ٣,٤٪ عندما كان كل النيتروجين

المضاف فى الصورة النتراتية إلى ١١,٢٪ عندما كان ٤٠٪ من النيتروجين المستعمل فى الصورة الأمونيومية والباقى فى الصورة النتراتية.

٤- زيادة تركيز الأملاح:

أدت زيادة تركيز الأملاح الكلى فى المحاليل المغذية من ١٠٠٠-٣٠٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ولم يمكن تجنب هذا التأثير للملوحة العالية بزيادة مستوى الكالسيوم إلى ٤٥٠ جزءًا فى المليون. ويرجع هذا التأثير إلى إضعاف الملوحة العالية لعملية امتصاص النبات للكالسيوم. وفى دراسة أخرى كانت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند المستويات المختلفة من الملوحة فى المحاليل المغذية بالمللى موز كما يلى: ١,٣٪ عند ٠,٤٥ مللى موز، و ١,٤٪ عند ٠,٩٠، و ٥,٦٪ عند ١,٣٥، و ٩,٣٪ عند ١,٨ مللى موز.

٥- نقص الرطوبة النسبية:

يؤدى نقص الرطوبة النسبية إلى زيادة معدل النتح من الأوراق، ومن ثم تحرك الكالسيوم سلبيًا مع تيار الماء المفقود بالنتح، وتجمعه فى الأوراق. هذا . إلا أن Ho & Hand (١٩٩٧) لم يجدا تأثيرًا للرطوبة النسبية على شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل.

٦- زيادة معدل النمو الثمرى

ارتبطت ظاهرة تعفن الطرف الزهرى إيجابيًا مع معدل النمو الثمرى، وخاصة فى مراحل النمو الأولى، وكذلك مع عدد البذور فى الثمرة.

وكذلك ارتبط معدل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى إيجابيًا مع حجم الثمرة.

ولزم توفر تركيزات عالية من الكالسيوم فى المحاليل المغذية لمنع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عندما كان معدل نمو الثمار عاليًا (Marcelis & Ho ١٩٩٩).

٧- ارتفاع حرارة التربة.

أدى تبريد المحلول المغذى إلى ٢٦°م كحد أقصى إلى خفض نسبة الثمار المصابة

بتعفن الطرف الزهرى من ١٠٪ إلى ٢٪ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، ومن ٢٠٪ إلى ١٤٪ فى مزارع وسائد البولى يوريثين Polyurethane، وذلك مقارنة بعدم تبريد المحلول المغذى، حيث تصل حرارته إلى ٣٣°م كحد أقصى، علمًا بأن تبريد المحلول المغذى كان له تأثير إيجابى على المحصول كذلك (Benot & Ceustêrmans ١٩٩٧).

وفى مزرعة صوف صخرى للفلفل البابريكا استحثت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المراحل المبكرة للنمو الثمرى (عند قطر ١,٥-٣,٥سم) عندما كانت الحرارة العظمى تزيد عن ٣٠°م (تراوحت الحرارة بين ٢٣، ٣٣°م)، والرطوبة النسبية الدنيا أقل من ٦٠٪. وقد أدى تبريد بيئة نمو الجذور - بتبريد المحلول المغذى المستخدم فى ريها إلى ١٧°م (تراوحت الحرارة الفعلية بين ١٧، و ٢٢°م) - إلى خفض حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وازداد محتوى الثمار من الكالسيوم فى طرف الساق بنسبة ١١٪، وفى الطرف الزهرى بنسبة ٤٣٪ عما فى حالة معاملة عدم التبريد (Benoit & Ceustermans ٢٠٠١).

ويوصى لأجل الحد من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل مراعاة ما يلى:

١- غرس الشتلات عميقًا فى التربة.

٢- تجنب إثارة الجذور بالعزيق بعد بدء الإثمار.

٣- الاهتمام بالرى المنتظم.

٤- التسميد الجيد بالكالسيوم، وخاصة فى المزارع المائية (Hamilton & Ogle ١٩٦٢، و Ware & MaCollum ١٩٨٠).

وقد نقص محصول الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك نقصت نسبة الثمار المصابة، وازداد المحصول الكلى بزيادة مستوى الكالسيوم - المضاف مع مياه الرى بالتنقيط - حتى ٦٨ كجم/هكتار (حوالى ٢٩ كجم Ca للفدان) (Alexander & Clough ١٩٩٨)

ويفيد استعمال الجبس الزراعى — المستعمل فى إصلاح الأراضى الملحية القلوية — فى توفير الكالسيوم للنبات

هذا إلا أن رش نباتات الفلفل بنترات الكالسيوم لم يكن دائمًا إيجابيًا فيما يتعلق بمكافحة تعفن الطرف الزهرى

٥– أدى استعمال أغطية البولى بروبلين الطافية إلى خفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بشدة، بسبب الخفض الذى تحدثه الأغطية فى معدلات النتح من الأوراق

٦– كما أدى رش النموات الخضرية للفلفل بمضادات النتح إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم. وانخفاض نسبة إصابتها بتعفن الطرف الزهرى، ولكن مع حدوث انخفاض فى المحصول الكلى (عن Wien ١٩٩٧).

لفحة الشمس

تظهر الإصابة بلفحة الشمس sun scald فى جانب الثمرة الذى يتعرض لأشعة الشمس القوية. خاصة إذا حدث ذلك بصورة فجائية كما هو الحال عند فقد النباتات لجزء كبير من أوراقها عند الإصابة ببعض الآفات.

يكون النسيج المصاب فاتح اللون فى البداية. ثم يصبح طريًا، ومجعدًا قليلاً وفى النهاية يكون جافًا. وغائرًا، وأبيض اللون، وورقى الملمس وقد تنمو على النسيج المصاب فطريات مختلفة، مما يؤدى إلى تغير لونها وقد تظهر أعراض أقل حدة للسعة الشمس تتمثل فى ظهور اصفرار فى أحد جوانب الثمرة (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

تكون الثمار الخضراء المكتملة التكوين mature green أكثر من غيرها قابلية للإصابة بلسعة الشمس (Black وآخرون ١٩٩١)، وكذلك تزداد القابلية للإصبة عند تحول لون الثمرة من الأخضر إلى الأحمر. وتكون الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين أقل حساسية، بينما تكون الثمار الحمراء الناضجة مقاومة للظاهرة

تحدث الأعراض من جراء فعل كل من الحرارة والضوء على نسيج الثمرة؛ فعندما ترتفع حرارة النسيج إلى ٥٠°م، تكون ١٠ دقائق فقط من التعرض للإضاءة القوية كافية لإحداث الضرر وأقل حرارة يمكن أن يحدث عندها الضرر هي ٣٨–٤٠°م، ولكن ظهور الضرر – حينئذٍ – يتطلب التعرض لما لا يقل عن ١٢ ساعة من الإضاءة القوية. وإلى جانب التأثير المباشر للحرارة العالية على نسيج الثمرة، فإن الضوء يعمل على إنتاج عناصر نشطة في الأكسدة من الـ superoxide anion radicals من خلال فعله على الكلوروفيل في الحرارة العالية.

وتؤدى زيادة نشاط إنزيم الـ superoxide dismutase في البلاستيدات الخضراء إلى الحد من أضرار لفحة الشمس بالمساعدة في تكوين فوق أكسيد الأيدروجين وأكسجين من الـ superoxide radicals. وقد وجد أن نشاط هذا الإنزيم يزداد عند تعريض الثمار لحرارة ٤٠°م لمدة ٦ ساعات وتنخفض معه شدة الإصابة بلسعة الشمس (عن Wien ١٩٩٧).

ويمكن الحد من الإصابة بلسعة الشمس بالوسائل التالية:

١– زراعة الأصناف ذات النمو الخضرى الغزير الذى يغطى الثمار بشكل جيد، ولكن يصاحب ذلك – عادة – زيادة فى نسبة سقوط الأزهار والبراعم الزهرية.

٢– زراعة الأصناف ذات الثمار الصفراء حيث أن حرارتها لا ترتفع بنفس الدرجة التى ترتفع إليها حرارة الثمار الخضراء عند تعرضها للشمس، كما أن محتواها العالى من الصبغات الكاروتينية يساعد فى حماية جدار الثمرة من التأثير الضار لعملية الأكسدة الضوئية photo-oxidation.

٣– تظليل النباتات بشباك تعطى تظليل بنسبة ٢٦٪–٣٦٪ (Wien ١٩٩٧).

التشققات والنَّدَب

التشققات Cracks ليست شائعة الظهور فى ثمار الفلفل بصورة عامة، ولكن النُّدَب Scars يكثر ظهورها فى ثمار الفلفل الجالابينو، وخاصة عند نضجها. والنَّدَب عبارة عن تفلق فى أديم الثمرة، وفى التشقق يتعمق هذا التفلق ويمتد خلال جدار الثمرة حتى يصل

إلى الفجوة الداخلية (عن Johnson & Knavel ۱۹۹۰). وتزداد النُدّب والتشققات قريبًا من الطرف الزهرى للثمرة، كما تزداد معدلات الإصابة بالتشققات بزيادة سمك الجدار الثمرى (عن Wien ۱۹۹۷).

وتزداد قابلية ثمار الفلفل للإصابة بالتشقق الأديمى cuticular cracking -- أى تكون النُدب scarring — فى بداية مرحلة التحول اللونى

ويبدأ التشقق فى الفلفل بظهور شقوق دقيقة للغاية (يصعب رؤيتها بالعين المجردة) فى طبقة الأديم على سطح الثمرة، وهى التى تتطور إلى شقوق منظورة وتمتد فى خلايا الغلاف الثمرى الخارجى وتختلف أصناف الفلفل فى حساسيتها للإصابة بالتشقق، ويعود ذلك -- جزئيًا — إلى اختلافها فى سمك طبقة الغلاف الثمرى الخارجى. ويؤدى الحد من النتح ليلاً — بسبب الرطوبة النسبية العالية أو انخفاض الحرارة — إلى زيادة إنتاج خلايا الغلاف الثمرى الخارجى وزيادة حساسيتها للتشقق. ويحدث الأمر ذاته عند إزالة الأوراق، حيث يقل النتح كذلك. ومع زيادة نفاذية طبقة الأديم لبخار الماء — الأمر الذى يحدث فى المراحل المتأخرة من نمو الثمار فى الأصناف الحساسة للإصابة بالتشقق — فإن ضغط الامتلاء الداخلى الذى يزداد ليلاً يؤدى إلى تشقق الأديم (Aloni وآخرون ۱۹۹۸)

ويعتقد Aloni وآخرون (۱۹۹۹) أن السبب فى حدوث هذه الظاهرة هو ازدياد التباين اليومى بين الليل والنهار -- على مدى فترة زمنية طويلة — فى كل من انتفاخ الثمرة وقطرها، حيث يزداد التشقق الأديمى مع الازدياد فى معدل انتفاخ الثمار fruit turger ومعدل استقبالها للغذاء المجهز أثناء الليل، ثم فقدها لجزء من رطوبتها وانكماشها بالفعل أثناء النهار. ومع تكرار ذلك خلال فترات النمو السريع للثمرة فإن التشقق يظهر فى الصباح الباكر بعد ضعف الأديم وعدم تحمله للضغط الذى يقع عليه ليلاً

ومما يؤكد ذلك ازدياد نسبة التشقق فى الظروف التى يقل فيها معدل النتح.

وتزداد الإصابة بالتشقق كذلك عند زيادة معدل تعرض الثمار للإشعاع المباشر، وعند

نقص الرطوبة الأرضية، ولكلا العاملين علاقة بالتغيرات اليومية فى انتفاخ الثمار وازديادها فى الحجم ليلاً، وفقدها للرطوبة وانكماشها نهارًا (Moreshet وآخرون ١٩٩٩).

التخطيط الأصفر

ترتبط ظاهرة التخطيط الأصفر Chlorotic streaking لثمار الفلفل — وهى ظاهرة فسيولوجية — بتغذية حوريات الذبابة البيضاء من النوع *Bemisia argentifolii*. تفرز الحوريات أثناء تغذيتها سمومًا تتحرك لمسافات قصيرة داخل النبات، وتؤدى إلى ظهور هذه الحالة الفسيولوجية.

وأهم أعراض التخطيط الأصفر هو ظهور خطوط ضاربة إلى الصفرة (Chlorotic) بعرض حوالى ٢–٣ مم بالتبادل مع خطوط خضراء قاتمة اللون بالعرض ذاته على الثمار. كما تكون ثمار النباتات المصابة بالذبابة — بصورة عامة — أفتح لونًا (أقل اخضرارًا) من ثمار النباتات غير المصابة والتى تكون خضراء قاتمة (Summers & Estrada ١٩٩٦).

إنبات البذور داخل الثمار

تعرف ظاهرة إنبات البذور داخل الثمار — فى أى نبات — باسم Vivipary، وهى حالة قليلة الظهور فى الفلفل. ويرتبط ظهورها بنقص البوتاسيوم. وقد أوضحت الدراسات أن محتوى الأوراق من البوتاسيوم ينخفض تدريجيًا مع تقدم النبات فى العمر فى جميع مستويات التسميد البوتاسى، بينما يزداد محتوى الثمار من العنصر خلال المراحل المتأخرة من النضج. ومع تقدم الثمار فى النضج ظهر تباين شديد فى محتوى البذور من حامض الأبسيسيك ارتبط بكل من معدل التسميد البوتاسى ونسبة إنبات البذور داخل الثمرة؛ فكان محتوى بذور النباتات التى تعانى من نقص البوتاسيوم من حامض الأبسيسيك حوالى ١٤٪ مما فى نباتات الكنترول (٠,٤ مقابل ٢,٨ ميكروجرام/جم وزن جاف)، وارتبط التركيز العالى لحامض الأبسيسيك فى بذور الفلفل

مع انخفاض نسبة البذور النابتة داخل الثمار، وزيادة معدل التسميد البوتاسى، وزيادة محتوى الأوراق والثمار من العنصر (Marrush وآخرون ١٩٩٨)

الجذع الفلّينى أو قدم الفيل

تظهر أعراض قدم الفيل elephant's foot فى الفلفل على صورة أضرار بطبقة البشرة فى منطقة متضخمة من الساق بقاعدة النبات تحت مستوى الفلقات، وهو عيب فسيولوجى. ولكن وجود الأضرار بالبشرة يزيد من قابلية الإصابة بالأمراض الفطرية التى يمكن أن تؤدى إلى ذبول النبات وموته. يطلق على هذه الحالة — كذلك — اسم الجذع الفلّينى foot corkiness

تبدأ الإصابة بظهور انتفاخ بقاعدة الساق الرئيسى للنبات تحت مستوى الأوراق الفلقية. كما يظهر بالانتفاخ جروح تشبه التشققات بطبقة البشرة فى موضع الانتفاخ. تظهر الأعراض على الفلفل فى كل من الزراعات الحقلية والمحمية بعد الزراعة بنحو ٤٠ يومًا. وعندما يكون قطر الثمار الخضراء ٢,٥ سم على الأقل يمكن أن تصل نسبة الإصابة فى الزراعات المحمية إلى ٧٠٪ من النباتات.

وترجع أهمية هذه الحالة إلى زيادة قابلية إصابة النباتات بفطريات الحزم الوعائية، مثل *Fusarium oxysporum*، الذى يمكن أن يصل إلى أنسجة قاعدة النبات الداخلية من خلال جروح البشرة، مُحدثًا عفنًا بقاعدة النبات. وتلونًا وانسدادًا بالحزم الوعائية. مما يؤدى إلى ذبول النبات وموته هذا . ولا يشترط أن تذبل جميع النباتات التى تحدث بها ظاهرة قدم الفيل، ولكن تذبل — فقط — تلك التى تُصاب بالفطريات

تُلاحظ ظاهرة قدم الفيل فى كل من الزراعات المحمية الأرضية واللاأرضية عندما تتركم حول قاعدة النباتات تركيزات عالية من الأملاح التى تضر بالأنسجة، الأمر الذى يحدث عند زيادة تركيز المحلول المغذى. وعندما تتواجد قاعدة النبات عند حواف المنطقة المبتلة للنقاطات

كما يزداد ظهور هذا العيب الفسيولوجي في النباتات التي تُشتل مع ظهور أوراقها الفلقية فوق سط التربة عما في تلك التي يُعمَّق فيها الشتل بحيث تكون الأوراق الفلقية تحت مستوى سطح التربة. وربما يرجع السبب في ذلك إلى أن موضع تلاقي أنسجة الجذر مع الساق أكثر حساسية للأملاح عن الأجزاء الأعلى من الساق.

وتأكيدًا على ذلك .. وجد أن نسبة الإصابة بذلك العيب الفسيولوجي كانت أعلى ما يمكن (٨٣٪) في النباتات التي كان شتلها حتى منتصف صلية الجذور (التي يبلغ طولها ٣,٨ سم)، مقارنة بالنباتات التي كان شتلها حتى مستوى الفلقات (٦٪ إصابة)، وتلك التي شتلت حتى مستوى عقدة الورقة الحقيقية الأولى (صفر ٪).

هذا .. وليس لنوع بيئة الزراعة أية تأثيرات على ظهور حالة قدم الفيل.

ولقد لوحظ أن هذه الحالة الفسيولوجية يزداد ظهورها في الظروف التالية:

١- تكرار الري بالمحاليل المغذية قريبًا من ساق النبات.

٢- قلة الري إلى درجة تؤدي إلى عدم غسيل الأملاح وتزهرها على سطح بيئة الزراعة بالقرب من قاعدة النبات.

٣- تواجد النباتات في نهايات خطوط الزراعة، حيث يزداد النتح والتبخر؛ مما يؤدي إلى زيادة تراكم الأملاح.

٤- وجود النقاطات قريبًا جدًا من قاعدة الساق (٢,٥ سم أو أقل).

٥- عدم شتل صلية الجذور (مثل مكعبات الصوف الصخري) عميقًا في بيئة الزراعة، حيث يمكن أن تكثر فيها الأملاح.

ويمكن الحد من شدة الإصابة بتلك الظاهرة بمراعاة ما يلي:

١- الشتل العميق.

٢- زراعة الأصناف الأقل حساسية لأضرار الملوحة.

٣- إبعاد النقاطات عن قاعدة ساق النبات بصورة تدريجية (Jovicich وآخرون ١٩٩١، و Jovicich & Cantliffe ٢٠٠٤، و ٢٠٠٦).

المكافحة المتكاملة للأمراض والآفات

الذبول الطرى

سبق أن تناولنا وسائل مقاومة الذبول الطرى فى الفصل الثامن. ونلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع فى الفلفل

أمكن حماية الفلفل من الإصابة بالذبول الطرى المتسبب عن الفطر *Rhizoctonia solani* بشكل جيد بالمعاملة بكل من الفطرين *Gliocladium virens* (العزلتان G' 3، و Gl-21)، و *Trichoderma hamatum* (العزلة TRI-4) (Lewis وآخرون ١٩٩٥)

كما أمكن مكافحة كل من *R. solani*، و *Pythium ultimum* بالمعاملة بالفطر *Cladorrhinum foecundissimum* (Lewis & Larkin ١٩٩٨)

كذلك أفادت معاملة بذور الفلفل، أو مخاليط إنتاج الشتلات، أو الشتلات بمخلوط من كل من الفطر *Gliocladium virens* (السلالة Gl-3)، والبكتيريا *Burkholderia cepacia* (السلالة Bc-F) معا أفاد ذلك فى حماية البادرات من الإصابة بكل من فطريات الذبول الطرى *R. solani*، و *P. ultimun*، و *Fusarum oxysporium*، و *Corticium rolfsii* (= *Sclerotium rolfsii*)، ولكن لم تكن المعاملة بأى منهما على انفراد فعّالة فى مكافحة الذبول الطرى (Mao وآخرون ١٩٩٨).

لفحة فيتوفثورا

تكافح لفحة فيتوفثورا بمراعاة ما يلى:

١- تحسين الصرف

٢– اتباع دورة زراعية طويلة

٣– بسترة التربة بالتشميس Solarization (Yucel ١٩٩٥)

٤– العناية بتسوية التربة وتجنب الانخفاضات التى يمكن أن تتجمع فيها الرطوبة

٥– الزراعة على خطوط مرتفعة (Hwang & Kim ١٩٩٥) لا يقل ارتفاعها عن ٢٣ سم، لتجنب تراكم الماء عند قاعدة النبات (Ristaino & Johnston ١٩٩٩)

٦- زراعة الأصناف المقاومة، مثل Adra، و Emerald Isle، و Paladin. ويتميز الصنف الأخير بكونه على درجة عالية من المقاومة للمرض، فضلاً عن صفاته البستانية الجيدة. ولكن مقاومته هي لعفن التاج والجذور، بينما لا يمكنه مقاومة لفحة الأوراق، والساق، والثمار (Ristaino & Johnston ١٩٩٩).

٧- يفيد استعمال الغطاء البلاستيكي للتربة في العمل كحاجز أمام انتقال الفطر إلى الأجزاء الهوائية للنباتات، سواء أكان ذلك الانتقال عن طريق رذاذ الماء، أم بالهواء، ولكنه يزيد في الوقت ذاته من انتشار الفطر - الذي قد يلوث البلاستيك سطحيًا - بواسطة رذاذ الماء.

٨- أفاد - كذلك - استعمال غطاء من بقايا نباتات قمح من زراعة سابقة في الحد من انتشار الفطر بين النباتات في الحقل (Ristaino وآخرون ١٩٩٧)، كما حُصل على نتائج مماثلة باستعمال غطاء للتربة من القش (عن Ristaino & Johnston ١٩٩٩).

٩- عدم الإفراط في الري (Shin & Nobuo ١٩٩٣، و Rista وآخرون ١٩٩٥). وعندما يكون الري بطريقة الغمر، يفضل أن يجرى كل ثاني خط، أي يكون الري في خطوط متبادلة مع خطوط أخرى لا تروى alternate rows تنمو فيها النباتات، ويصلها ماء الري بالنشع من الخطوط المروية (Daniel & Falk ١٩٩٤).

ويستدل - كذلك - من دراسات Café-Filho & Duniway (١٩٩٥) على أن شدة المرض تتناسب طرديًّا مع معدل الري بالغمر، حيث لم يؤثر الفطر على المحصول عند إجراء الري كل ثلاثة أسابيع، بينما كان النقص في المحصول معنويًّا عند الري كل أسبوع أو كل أسبوعين. وبالمقارنة لم يكن للرطوبة الأرضية تأثيرًا على الإصابة بالمرض في السلالات المقاومة، حيث لم تحدث أية إصابة - أو كانت الإصابة قليلة للغاية - في جميع معاملات الري.

١٠- تقل إصابة الجذور وتاج النبات بالمرض في حالات الري تحت السطحي بالتنقيط حينما تكون المنقطات على عمق ١٥ سم من سطح التربة، وذلك مقارنة بالري السطحي بالتنقيط أو بالغمر. كما تزداد الفائدة من الري بالتنقيط - سواء أكان سطحيًّا،

أم تحت سطحي — بجعل النقطات بعيدة قليلاً عن ساق النبات (Café-Filho & Duniway ١٩٩٦).

١١– أدت إضافة مادة ناشرة غير متأينة noionic surfactant (مثل أكواجرو ٢٠٠٠ إل AquaGro 2000L) إلى مزرعة فلفل لاأرضية (مزرعة صوف صخرى) إلى التخلص الكامل من الجراثيم السابحة zoospores للفطر *P. capsici* ومكافحة المرض بصورة تامة، بينما أدى وجود نبات واحد مصاب فى المزرعة — مع عدم إضافة المادة الناشرة — إلى موت جميع النباتات فيها — أيًا كان عمرها — فى خلال أسبوعين من عدوى هذا النبات صناعيًا فى السويقة الجينية السفلى. تضاف المادة الناشرة بتركيز ٢٠ جم/م^{٣} من المحلول المغذى، وهى تشل حركة الجراثيم السابحة، التى تعد المسئول الأول عن انتشار الإصابة بالفطر (Stanghellini وآخرون ١٩٩٦). وقياسًا على هذه النتائج .. فإن إضافة المادة إلى مياه الرى بالتنقيط ربما تحقق الهدف ذاته فى زراعات الفلفل الأرضية.

١٢– أفاد فى مكافحة المرض استعمال عديد من الإضافات للتربة، سواء أكانت فى صورة أسمدة عضوية متنوعة، أم مركبات طبيعية، مثل: الشيتوسان Chitosan، والهيوميت humate (حامض الهوميك)، ومخلفات القمامة. ومخلفات المجارى المخلوطة بالمخلفات النباتية، وقشور الخشب، وقد أدت معظم هذه الإضافات — وخاصة الأخيرتين منها — إلى إحداث زيادة كبيرة فى أعداد ونشاط كائنات التربة، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى شدة الإصابة بالمرض (Kim وآخرون ١٩٩٧).

١٣– أفاد استعمال أملاح الفوسفيت phosphite فى المزارع المائية فى الحد من إصابة الفلفل بلفحة فيتوفثورا، ولكن النمو النباتي والمحصول انخفضا جوهريًا وظهرت على النباتات أعراض نقص الفوسفور، ولكن استعمال مزيج من ١ مللى مول فوسفات phosphate مع ٠,٣ مللى مول فوسفيت phosphite فى المحاليل المغذية أدى إلى تحسين النمو النباتي والمحصول، بينما كانت الإصابة بالفطر وسطًا بين المعاملة بالفوسفيت فقط (٠.١ أو ١,٠ مللى مول)، وبالفوسفات فقط (١ مللى مول) (Forster وآخرون ١٩٩٨).

١٤- استعمال المبيدات:

يفيد الميتالاكسيل metalazyl (مثل الريدوميل Ridomil) فى مكافحة لفحة فيتوفثورا (Hwang & Kim ١٩٩٥)، وخاصة إذا ما اقترنت المعاملة بالرى بطريقة الخطوط المتبادلة، أى الرى كل ثانى خط (Daniell & Falk ١٩٩٤). وقد أدت المعاملة بالميتالاكسيل فى مياه الرى إلى خفض معدل الإصابة بالمرض من حوالى ٧١٪ إلى حوالى ١٣٪ (Ristaino وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أفاد استعمال كلا من الكوسيد ٦٠٦ Kocide 606 (أيدروكسيد النحاس) منفردًا، أو الردوميل ٢ إى Ridomiol 2E مع Copper 70w رشًا على النموات الخضرية كل ٧-١٤ يومًا (Bracy وآخرون ١٩٩٦).

أعفان الجذور الأخرى

سبق أن تناولنا فى الفصل الثامن وسائل مكافحة أمراض الجذور بصورة عامة، ونلقى — فيما يلى — مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع فى الفلفل.

أمكن مكافحة الفطر *C. rolfsii* مسبب مرض اللفحة الجنوبية فى الفلفل بالمعاملة بكل من *Glomus mocrocarpum*، و *Trichoderma harzianum* معًا (Sreenivasa ١٩٩٤).

كما أمكن كذلك مكافحة أعفان الجذور التى تسببها الفطريات: *R. solani*، و *Fusarium solani*، و *C. rolfsii* بالمعاملة بكل من فطرى الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، و *T. viride* (Ellil وآخرون ١٩٩٨).

البياض الدقيقى

يكافح البياض الدقيقى فى الفلفل بالوسائل التالية:

استعمال بدائل المبيدات

من أهم بدائل المبيدات المستعملة فى مكافحة البياض الدقيقى، ما يلى:

١- الرش بالكبريت القابل للبلل.

٢- الرش بالبلانت جارد مع هيومكس بمعدل ٢٥٠ مل (سم^3) من كل منهما يبدأ الرش عند بداية عقد الثمار، ويكرر شهريًا بعد ذلك

٣- قللت المعاملة بأى من بيكربونات البوتاسيوم، أو بيكربونات الصوديوم بتركيز ٠.٥٪ من شدة الإصابة بالفطر *L. taurica* فى الفلفل، وكانت تلك المعاملة أفضل فى مكافحة المرض عن المعاملة بأى من البنكانازول pencanazole، أو الزيوت البستانية، أو المواد الناشرة (Ziv وآخرون ١٩٩٤، و Fallik وآخرون ١٩٩٧).

٤- أعطى الرش بفوسفات أحادى البوتاسيوم mono-potassium phosphate (KH_2PO_4) بتركيز ١٪ (وزن/حجم) مكافحة جيدة – موضعية وجهازية – ضد الإصابة بالفطر *L. taurica*، وكانت كفاءة المعاملة فى مكافحة الفطر مماثلة لكفاءة أحد المبيدات الجهازية المثبطة للاستيرول، كما لم يكن لها أى تأثيرات سلبية على النمو النباتى للفلفل (Reuveni & Reuveni ١٩٩٨).

عفن بوتريتس

أدت معاملة الفلفل فى الزراعات المحمية بأى من السلالة BL3 من البكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens*، أو السلالة BL4 من البكتيريا *Paenibacillus polymxa*، أو السلالة Cha94 من البكتريا *Pseudomonas putida* إلى التثبيط التام لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر *Batrytis cinerea* فى حرارة ٢٠°م ولمدة ٣٣ ساعة بعد المعاملة وباستثناء السلالة BL4 التى لم تستعمل أوراق الفلفل جيدًا، فإن السلالتين الأخرتين، وكذلك السلالة TM من الفطر *Trichoderma harzianum* استعمروا الأوراق جيدًا حيث حافظوا على عشائر بلغت ١٠^4–١٠^5 وحدة مكونة للمستعمرات colony forming units/جم لمدة ١٥ يومًا بعد المعاملة. وقد تبين أن تبادل المعاملة بالمكافحة الحيوية مع المعاملة بالمبيدات الفطرية بُربع التركيز المستعمل منها – عادة – كان معادلاً فى تأثيره مع تأثير المكافحة الحيوية أو الرش بالمبيدات منفردين، وكانت تلك المعاملة أقوى تأثيرًا فى خفض تواجد الفطر المرض عن أى من المعاملتين المنفردتين (Park وآخرون ١٩٩٩).

عفن الثمار الداخلى

تظهر – أحيانًا – بداخل ثمار الفلفل المنتجة فى الزراعات المحمية عفن داخلى أسود اللون، دون أن يرافق ذلك أية أعراض خارجية على الثمار. وتكون هذه الثمار صالحة للاستهلاك. والمشكلة أنه يكون من الصعب كثيرا تحديد ما إذا كانت الثمار مصابة داخليًا من عدمه على أساس مظهرها الخارجي (شكل ١٠-٤، يوجد فى آخر الكتاب)، مما يتعين التخلص من كميات كبيرة من ثمار المحصول الذى تظهر ببعض ثماره إصابة داخلية.

ولقد وجد أن الفطر *Fusarium lactis* هو مسبب هذا المرض، حيث ينمو – ببطء شديد – داخل الثمرة إلى أن تظهر أعراضه داخليًا بعد نحو ٤٠ يوم من الإصابة. تبدأ الإصابة من الطرف الزهرى للثمرة وهى صغيرة، وقد تبدأ من طرفها الآخر عند العنق. وبالمقارنة .. فإن الفطر *Fusarium solani* يُحدث إصابة خارجية سريعة، حيث تظهر الأعراض على الثمار والسيقان فى خلال ١٤ يومًا.

ولقد وجد أن النحل الملقح للأزهار يحمل جراثيم الفيوزاريم على أجزاء فم الحشرة وأرجلها كما كانت حبوب اللقاح التى نقلها النحل مصابة بهيفات الفطر، حيث نمت بداخلها وبرزت منها. ومن المعتقد أن النحل ينقل جراثيم الفطر مع حبوب اللقاح من زهرة لأخرى؛ مما يؤدى إلى انتشار المرض داخل الصوبة.

يمكن أن تصاب البذور – التى توجد فى الثمار المصابة – بالفطر، ويمكن أن تكون البذور المصابة وسيلة لانتشار المرض.

لوحظ أن أصناف الفلفل ذات الثمار البيضاء والبرتقالية كانت أكثر قابلية للإصابة بالمرض عن الأصناف ذات الثمار البنية والصفراء.

ولمكافحة المرض والحد من شدته، يراعى ما يلى:

١- مراعاة إجراءات النظافة العامة.

٢- التخلص بحرص من الثمار والنباتات المصابة.

٣- توفير تهوية جيدة بالصوبة

٤- عدم زيادة الرطوبة النسبية عن ٨٥٪.

٥- تجنب التجريح الشديد للسيقان والثمار (Government of Alberta ٢٠٠٧ – الإنترنت)

الأمراض الفيروسية

يمكن الاستفادة من بعض الممارسات والمعاملات الخاصة في تقليل أعداد الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية في الفلفل، والتي منها ما يلي.

١- استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء

تستعمل لأجل ذلك أغطية التربة الألومنيومية، وكذلك الأغطية البلاستيكية الفضية والمطلية باللون الألومنيومي أفاد استعمال هذه الأغطية في خفض أعداد المنّ والتربس، وكانت فائدتها في الفلفل أكثر منها في الطماطم لأن نباتات الفلفل كانت أقل حجمًا من نباتات الطماطم، وكان حجبها لغطاء التربة أقل من حجب نباتات الطماطم له (Kring & Schuster ١٩٩٢)

٢- استعمال المصائد الصفراء اللاصقة بمعدل ١٢٤٠ مصيدة/هكتار (٥٢٠ مصيدة/فدان) (Valdez & Wolfenbarger ١٩٩٥).

٣- رش النباتات بالزيوت المعدنية بتركيز ١٪، أو بماء الجير بتركيز ١٠٪ من التحضير التجاري يالبين Yalben، أو لوفن Loven (Marco ١٩٩٣)

٤- زراعة الفلفل مع القطيفة marigold (*Tagetes erecta*) بنسبة ٢ فلفل : ١ قطيفة في الخط الواحد، حيث كانت لهذه المعاملة نفس فاعلية استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء في خفض أعداد حشرتي المنّ والذبابة البيضاء، ومن ثم تقليل أعداد النباتات التي ظهرت عليها أعراض الإصابات الفيروسية (Chew-Madianaveitia وآخرون ١٩٩٥).

٥- أفاد رش نباتات الفلفل بزيت بذور النيم *Azadirachta indica* بتركيز ١٪ أو ٢٪ في مكافحة حشرة المنّ (بسبب محتوى الزيت من الليمونويدات النشطة active limonoids، مثل الأزاديراكتين azadirachtin)، وفي خفض إصابتها بالفيروسات غير

المتبقية non-persistent viruses (مثل فيرس واى البطاطس)، بسبب إعاقة الزيت لعمليتى إكتساب الحشرة للفيرس، ونقله إلى النباتات السليمة، بطريقة مماثلة لتلك التى تؤثر بها الزيوت المعدنية، وليس بسبب محتوى الزيت من المركبات الفعّالة ضد الحشرة ذاتها (Lowery وآخرون ١٩٩٧)

٦- اختيار الموجات الضوئية التى تحد من الإصابة فى الزراعات المحمية.

ظهرت أعراض الإصابة بفيرس موزايك الطماطم على الفلفل ببطء، وكانت أقل شدة عندما كانت النباتات مزودة (فى الزراعات المحمية) بلمبات كهربائية توفر لها كلا من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية A، وتحقق ذلك باستعمال لمبات تعطى ٨٣٪ ضوء أحمر عند ٦٦٠ نانوميترًا، و ١٧٪ أشعة تحت حمراء عند ٧٣٥ نانوميترًا، وذلك مقارنة بتطور أعراض الإصابة فى النباتات التى نمت فى وجود مصادر ضوئية تفتقر إلى كل من الضوء الأزرق (٦٦٠ نانوميترًا)، والأشعة فوق البنفسجية A (٦٦٠/٧٣٥ نانوميترًا) (Schuerger & Brown ١٩٩٧).

٧- استعمال السلالات الضعيفة من الفيرس فى إكساب النباتات مناعة ضد السلالات القوية:

استعمل رنا (آر إن أى RNA) تابع Satellite لفيرس موزايك الخيار (CMV) مع سلالة معتدلة الضراوة من الفيرس (CMV-S) فى إكساب نباتات الفلفل مناعة ضد الإصابة بالفيرس. وبينما أدت العدوى بسلالة عادية شديدة الضراوة من فيرس موزايك الخيار إلى نقص محصول أحد أصناف الفلفل (كاليفورنيا وندر) بمقدار ٣٣٪، فإن الحقن بالـ CMV-S لم ينقص المحصول سوى بقدر محدود، فى الوقت الذى أدى فيه ذلك الحقن إلى إكساب النباتات حماية ضد الإصابة بالسلالة العالية الضراوة من الفيرس بنسبة ٨٠٪ عندما أجرى الحقن بالسلالة العالية الضراوة بعد ثلاثة أسابيع من الحقن بالـ CMV-S (Montasser وآخرون ١٩٩٨).

نيماتودا تعقد الجذور

تكافح نيماتودا تعقد الجذور فى الفلفل بمراعاة ما يلى:

١– زراعة الأصناف المقاومة.

تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى كل من:

C chacoense	*Capsicum annuum*
C frutescens	*C chilense*

ومن أصناف الفلفل المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور كلاً من أول بج All Big وبونتوك سويت لونج Bontoc Sweet Long، وورلدبيتر World Beater (Putnam وآخرون ١٩٩١).

ويعد صنف الفلفل الحار كارولينا كايين Carolina Cayenne (وهو من طرز الكايين) على درجة عالية جداً من المقاومة لكل من *M incognita* (سلالات ١ إلى ٤)، و *M arenaria* (Thies وآخرون ١٩٩٧)

وقد تبين لدى اختبار ٥٩ صنفاً منزرعًا من *Capsicum chinense* وجود مستوى عال من المقاومة للنيماتودا *M incognita* فى الأصناف PA-353، و PA-398، و PA-426، وجميعها من الأصناف الحريفة الجيدة التى يمكن استخدامها فى الإنتاج التجارى دونما حاجة إلى تحسين (Fery & Thies ١٩٩٧)

وقد أنتج Dukes وآخرون (١٩٩٧) صنف الفلفل الحريف تشارلستون هت Charleston Hot بالانتخاب من الصنف الحريف كارولينا كايين Carolina Cayenne. وكلاهما من طراز لكيين، وعلى درجة عالية من المقاومة للنيماتودا *M incognita*، وهما يختلفان فى أن تشارلستون هت ذات ثمار صفراء اللون ونمو خضرى مندمج، بينما كارولينا كايين ذات ثمار حمراء ونمو خضرى كبير

كما قام Fery وآخرون (١٩٩٨) بنقل الجين N المسئول عن المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور من صنف الفلفل مِسيسبّى نيما هارت Mississippi Nemaheart إلى كل من الصنفين يولو وندر Yolo Wonder، وكيستون رزِستنت جاينت Keystone Rasistant Giant فى برنامجين للتربية أفرزا صنفا الفلفل الحلو المقاومين كارولينا وندر Carolina Wonder. وتشارلستون بلى Charleston Belle، على التوالى

هذا .. ويمكن بزراعة أصناف الفلفل العالية المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور — مثل كاروليب كيبين خفض أعداد النيماتودا فى التربة إلى درجة تسمح بزراعة محاصيل أخرى حساسة للنيماتودا بعدها (Thies وآخرون ١٩٩٨).

٢– تكافح النيماتودا *M. incognita* بيولوجيًا باستعمال الفطر *Paecilomyces lilacinus* بكفاءة عالية تعادل كفاءة استعمال المبيدات (Noe & Sasser ١٩٩٥).

الحشرات والأكاروسات

سبق أن تناولنا موضوع مكافحة الحشرات — بصورة — عامة فى الفصل الثامن، ونلقى — فيما يلى — الضوء على مكافحة العنكبوت الأحمر فى الفلفل.

يكافح العنكبوت الأحمر فى الفلفل بالوسائل التالية:

١– استعمال بدائل المبيدات:

من أهم بدائل المبيدات الموصى بها ما يلى:

أ– الزيوت، مثل: زيت كيميسول ٩٥٪، وزيت سوبر مصرونا ٩٤٪ مستحلب، وزيت سوبر رويال ٩٥٪ مستحلب، وزيت كزد أويل ٩٥٪ مستحلب بمعدل لتر واحد من أى منهم لكل ١٠٠ لتر ماء، وزيت طبيعى (ناتيرلو) ٩٠٪ مستحلب بمعدل ٦٢٥ مل (سم^3) لكل ١٠٠ لتر ماء.

ب– الكبريت، مثل: سوريل زراعى (سمارك) وسوريل زراعى (شيخ) ٩٨٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٠ كجم من أى منهما للفدان، وكبريت زراعى النصر ٩٩٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٥ كجم للفدان، وشامة ٥ ٩٩٪ مسحوق تعفير، وكبريدست ٨ ٩٩٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٠ كجم من أى منهما للفدان.

جـ– فيرتيمك ١.٨٪ مستحلب بمعدل ٥٠–١٠٠ مل (سم^3) لكل ١٠٠ لتر ماء.

د– إم بيد ٤٩٪ سائل بمعدل لتر واحد لكل ١٠٠ لتر ماء (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٧).

٢- المكافحة الحيوية.

يكافح العنكبوت الأحمر العادى باستعمال البيوفلاى ٣ × ١٠^٧ وحدة/سم^٣ بمعدل ١٥٠ مل (سم^٣) لكل ١٠٠ لتر ماء.

كما يكافح نوعا الأكاروس *Tetranychus urticae*، و *T. cinnabarinus* بواسطة الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* بكفاءة عالية (Kropezynska & Tomczyk ١٩٩٦).

٣- استعمال المبيدات:

يكافح العنكبوت الأحمر برش النباتات بالكلثين الميكرونى ١٨,٥٪، بمعدل كيلو جرام واحد للفدان، أو بالتديدفول بمعدل لتر واحد للفدان. ويكرر العلاج كلما لزم الأمر.

الفصل الحادى عشر

إنتاج الباذنجان

يعرف الباذنجان Eggplant بالاسم العلمى *Solanum melongena* L، وهو لا ينتج فى مصر – فى البيوت المحمية – إلا على نطاق ضيق، بينما يعد من محاصيل الزراعات المحمية الهامة فى الدول العربية ذات الشتاء البارد؛ مثل سوريا، ولبنان، والعراق. ويتراوح محصول الباذنجان – فى مختلف الدول العربية – بين ٣، و ٦ كجم/م^{2}.

الأصناف

إن من أهم أصناف الباذنجان – وجميعها من الهجن – ما يلى:

١- بونيكا Bonica:

مبكر – لون الثمار بنفسجى قاتم – أبعادها حوالى ١٤ سم طولاً × ٩ سم قطرًا – يعقد فى الحرارة المنخفضة.

٢- رَندونا Randona:

مبكر – لون الثمار أسود لامع – بيضاوية طويلة – يمكن أن يعقد بكريًّا – يعقد فى الحرارة المنخفضة.

٣- ريما Rima

لون الثمار أسود – أبعادها ٢٠ سم طولاً × ١٠ سم قطرًا.

٤- ميليدا Mileda:

مبكر – لون الثمار أسود قاتم إلى بنفجسى لامع – أسطوانية بطول حوالى ٢٣ سم – يمكن أن تعقد بكريًّا – يعقد فى الحرارة المنخفضة.

٥- سولارا Solara:

لون الثمار بنفسجى قاتم – أبعادها ١٧ سم طولاً × ٦-١٤ سم قطرًا – يعقد فى الحرارة المنخفضة.

٦- آراجون Aragon

مبكر – لون الثمار أسود لامع – الثمار كمثرية الشكل يبلغ طولها ١٩ سم

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

يعتبر الباذنجان من أكثر محاصيل الخضر حساسية للبرودة، ومن أكثرها تحملاً للحرارة العالية، ويلزمه موسم نمو طويل، ودافئ حتى تنجح زراعته. وتحدث أضرار شديدة للنباتات إذا تعرضت للصقيع حتى إذا كان خفيفاً، ولفترة قصيرة، أو إذا تعرضت للجو البارد الخالى من الصقيع لفترة طويلة

تتراوح درجة الحرارة المثلى لإنبات البذور من ٢٤-٣٢°م، ويستغرق الإنبات فى هذه الظروف نحو ١٠ أيام ولا تنبت البذور فى حرارة تقل عن ١٥°م، أو تزيد عن ٣٥°م.

وأنسب مجال حرارى لنمو النباتات يتراوح بين ٢٧ و ٣٢°م نهارًا، وبين ٢٠ و ٢٧°م ليلاً ويتوقف النمو النباتى تقريبا فى حرارة تقل عن ١٧°م.

ويقل إنتاج حبوب اللقاح وتضعف حيويتها، ويضعف عقد الثمار فى درجة حرارة تقل عن ١٥°م. ويقل بشدة عندما تنخفض درجة حرارة الليل إلى ١٠-١٣°م. ويؤدى ضعف الإضاءة نهارا إلى ازدياد الحالة سوءًا وعلى النقيض من ذلك . فإن الباذنجان يعقد جيدا فى درجات الحرارة المرتفعة. ولكن تؤدى الحرارة العالية كثيرًا نهارًا (٣٧-٤٠°م) إلى احتراق قمة المتوك فى الأزهار، ونقص نسبة إنبات حبوب اللقاح، وضعف نمو الأنابيب اللقاحية (Sanwal وآخرون ١٩٩٧). وتعتبر أصناف الباذنجان الأسطوانية الطويلة أكثر تحملاً للحرارة الشديدة الارتفاع عن الأصناف البيضاوية.

ويؤدى رفع درجة الحرارة القصوى داخل البيوت البلاستيكية من ٣٠,٣°م إلى ٣٤°م إلى التأثير سلبيًا على النمو الخضرى للباذنجان، ولكن مع التأثير إيجابيًا على نمو الثمار (Malfa ١٩٩٣).

ولكن يؤدى ارتفاع درجة الحرارة ليلا ونهارًا، مع نقص الرطوبة الأرضية إلى فقد الثمار للمعتها وانخفاض قيمتها التسويقية نتيجة لذلك (عن Kanahama ١٩٩٤).

الفترة الضوئية

يعدّ الباذنجان من المحاصيل المحايدة بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية على الإزهار؛ فتبدأ النباتات فى الإزهار عادة بعد تكوين ٦-١٤ ورقة، ويتوقف ذلك على مدى تبكير، أو تأخير الصنف (Thomposon & Kelly ١٩٥٧، و Yamaguchi ١٩٨٣).

الرطوبة النسبية

لم يتأثر نمو نباتات الباذنجان بالرطوبة النسبية، ولكن الرطوبة النسبية المرتفعة ليلاً ونهارًا (فرق فى ضغط بخار الماء Vapour Pressure Deficit قدره ٠.٢٤ كيلو باسكال ليلاً، و ٠,٤٤ كيلو باسكال نهارًا) أدت إلى نقص المحصول. وكان مرد هذا النقص هو انخفاض عدد الثمار. هذا . بينما كان متوسط وزن ثمرة الباذنجان أكبر عندما كانت الرطوبة النسبية مرتفعة نهارًا. وبالمقارنة فإن الرطوبة النسبية المنخفضة ليلا ونهارًا (فرق فى ضغط بخار الماء قدره ٠,١٩ كيلو باسكال ليلاً، و ١٨ ١ كيلو باسكال نهارا) أدت إلى جفاف كأس الثمرة ولم يكن للرطوبة النسبية المرتفعة أية تأثيرات سلبية على جودة الثمار، ولكنها أدت إلى زيادة الإصابة بفطر البوتريتس *Botrytis cinerea* (Bakker ١٩٩٠).

التهوية والتدفئة والتبريد وأهميتهم

بدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧.٤، و ٢٤.٢°م) وشدة الإضاءة (بين ١,٩، و ٨,١ ميجاجول/م²/يوم) على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور أول زهرة، وجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة. إلاّ أن تأثير الإضاءة فى هذا الشأن قل بانخفاض درجة الحرارة. وقد قل عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول زهرة خطيًا بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة. ولكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير فى هذا الشأن فى شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦)

وبدراسة تأثير درجة الحرارة بين ١٢ ، و ٢٨ °م وشدة الإضاءة بين ٣ ، و ٧ ميجاجول م² فى اليوم على نمو وإنتاج الباذنجان ، وجدت علاقة خطية منحنية curvilinear بين درجة الحرارة وكل من عدد البراعم الزهرية/نبات ، وعدد الثمار/نبات . ومتوسط وزن الثمرة ، والمحصول الكلى/نبات ، مع انخفاض فى قيم كل صفة على جنبى الحرارة المثلى وفى الوقت ذاته ازدادت الحرارة المثلى لكل صفة مقيسة بزيادة شدة الإضاءة ، باستثناء صفة عدد البراعم الزهرية/نبات (Uzun ٢٠٠٧)

وقد أدى تضبيب fogging هواء الصوبة تحت ضغط عال — لأجل المحافظة على الرطوبة النسبية عند ٨٠٪ — إلى خفض متوسط درجة الحرارة بنحو ثلاث درجات مئوية ، والمحافظة على حرارة الهواء أقل من ٣٢ °م ، بينما ارتفعت الحرارة القصوى فى حالة عدم التضبيب إلى ٤٠ °م كما أدى التضبيب إلى خفض الفرق فى ضغط بخار الماء بنسبة ٥٥٪ ، وزيادة توصيل الثغور فى الباذنجان بنسبة ٧٣٪ ، وصاحب ذلك نقص فى معدل النتح بنسبة ٣١٪ . هذا إلاّ إن كفاءة التضبيب فى خفض درجة الحرارة كانت منخفضة نسبيًا (٤٦٪) ؛ مما أدى إلى زيادة استهلاك الماء لأجل التضبيب ، بلغت ما يعادل حوالى ٦٠٪ من الاحتياجات المائية لمحصول الباذنجان ولكن نظرا لأن التضبيب قلل من الاحتياجات المائية للنباتات ، فإن إجمالى استهلاك الماء ارتفع بنسبة ١٩٪ فقط ، مقارنة بالإجمالى فى حالة عدم التضبيب وبينما أدى التضبيب إلى زيادة متوسط وزن الثمرة ، وعدد الثمار الصالحة للتسويق ، فإنه قلل — بوضوح — من العدد الكلى للثمار/نبات ، وإن لم يؤثر على صفات الجودة ، مثل مقاومة الجلد للاختراق ، ولون الجلد ، والحموضة المعايرة ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية بثمار الباذنجان (Katsoulas وآخرون ٢٠٠٩)

الزراعة والخدمة

إن من أهم التقنيات التى أدخلت على إنتاج الباذنجان فى الزراعات المحمية ، ما يلى

١ — التطعيم

٢- الاستعانة بالنحل الطنّان فى التلقيح.
٣- المعاملة بمنظمات النمو.
٤- استخدام الأصناف البكرية العقد
٥- إجراء عمليات التربية والتقليم المثلى، وبما يتناسب مع الظروف البيئية السائدة.

التربة المناسبة

بداية . لا يتحمل الباذنجان التربة الملحية ولا الرى بمياه عالية الملوحة. ففى تربة طينية طميية أدى رى الباذنجان بمحلول كلوريد صوديوم بتركيز ١٪ إلى نقص معدل البناء الضوئى بمقدار ٥٢٪ مقارنة بمعاملة الكنترول التى رويت فيها النباتات بالماء العذب. وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى درجة توصيل الثغور، ونقص فى كثافة النمو الجذرى، كما أدت هذه المعاملة إلى نقص ارتفاع النبات بمقدار ٣٠٪، والمساحة الورقية بنسبة ٥٥٪، ومحتوى الأوراق من المادة الجافة بمقدار ٤٠٪، والمحصول الصالح للتسويق بنسبة ٥٥٪، والمحصول الكلى بنسبة ٣٢٪ (Pascale وآخرون ١٩٩٥)

وإلى جانب نقص المحصول الصالح للتسويق عند الرى بمحلول ١٪ كلوريد صوديوم إلى ٤٣ من المحصول الذى حُصلَ عليه بالرى بمياه عذبة، فإن الرى بالمحلول الملحى أدى كذلك إلى نقص طول الثمرة، وزيادة صلابة لب الثمرة، ونقص محتواها من الرطوبة، وزيادة الحموضة المعايرة، والسكريات المختزلة، والرماد فى لب الثمرة، بينما انخفض محتواها من حامض الأسكوربيك. وقد أدت الملوحة العالية إلى تقصير فترة صلاحية الثمار للتخزين فى الظروف العادية، بسبب سرعة تلون الأنسجة الداخلية للثمار المنتجة فى هذه الظروف باللون البنى (Sifola وآخرون ١٩٩٥).

إنتاج الشتلات المطعومة

من المعلوم أن نمو ومحصول الطُعم يتأثران بقوة الجذور فى الأصل وما تنتجه من سيتوكينين (عن Kanahama ١٩٩٤)

وقد كان نمو نباتات الباذنجان أفضل عندما طُعمت على الأصل Taibyo VF (وهو الهجين *Solanum integrifolium* x *S. melongena*) وأصل الباذنجان القرمزى scarlet eggplant (*S. integrifolium*) عما لو كان عليه الحال عندما استعمل الأصل Senryo No. 2 (وهو *S. melongena*)، كما ازداد نمو الطعم عندما سمح بنمو ثلاث أوراق على الأصل (Shishido وآخرون ١٩٩٥). وقد حصل Oda وآخرون (١٩٩٧) على نتائج جيدة عندما استعملوا الباذنجان القرمزى كأصل، وكانت النباتات المطعومة بواسطة الروبوت (الإنسان الآلى) أقوى نموًا بعد الشتل من نظيرتها التى طُعِّمت يدويًا.

كما نجح استعمال الصنف الهندى الهجين داياتارو Diataro كأصل للباذنجان فى زيادة المحصول المبكر، فضلا عن مقاومة الأصل لكل من الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*، والذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum*. ولم يختلف المحصول الكلى للنباتات المطعومة على هذا الأصل عن تلك التى طعمت على الأصل *S. torvum* (Monma وآخرون ١٩٩٧).

ويعتبر *S. torvum* من أفضل الأصول لتطعيم الباذنجان نظرا لمقاومته لنيماتودا تعقد الجذور، ولما يتميز به من مجموع جذرى قوى، ويؤدى استعماله كأصل إلى زيادة محصول الباذنجان (Morra ١٩٩٨).

مواعيد ومسافات الزراعة

يبقى الباذنجان فى الأرض لفترة طويلة نسبيًا، ويعامل معاملة الفلفل فيما يتعلق بموعد وطريقة الزراعة، ولكن تجب زيادة مسافة الزراعة بين النباتات فى الخط إلى حوالى ١٠٠ سم فى الزراعات المبكرة، و ٧٥ سم فى الزراعات المتأخرة؛ ولذا .. فإن كثافة الزراعة تتراوح بين ١,١ و ١,٥ نباتًا/م^2.

هذا .. ويستجيب الباذنجان لاستعمال الأغشية البلاستيكية للتربة.

عمليات الخدمة

الرى

يستجيب الباذنجان للرى الجيد. ولكن تجب عدم زيادة كمية مياه الرى إلى المستوى الذى يؤدى إلى تعفن الجذور.

التسميد

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

تبعًا لـ Hochmuth وآخرين (١٩٩٣)، و Hochmuth (١٩٩٤)، فإن مستوى البوتاسيوم الحرج فى الأوراق كن ٥ ٤ عند بداية الإزهار. و ٥ ٣٪ عند بداية الإثمار، و ٠ ٣ ٪ أثنء الحصاد، و ٢.٨٪ فى نهاية فترة الحصاد وبلمقارنة . كان مستوى البوتاسيوم الحرج فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق (بالجزء فى المليون) ٤٥٠٠–٥٠٠٠ قبر لحصد و ٤٠٠٠–٤٥٠٠ أثنء الحصاد، وكان تركيز قدره ٣٥٠٠ جزء فى المليون اثنا، الحصاد دليلاً على نقص العنصر ويستدل مما سبق بيانه على وجود ارتباط بين نتائج تقدير البوتاسيوم فى الأوراق بطرق التحليل المختبرية العادية، وفى العصير الخلوى لأعناق الأوراق، مع انخفاض مستوى البوتاسيوم فى النبات بتقدم النباتات فى العمر

وقد قدر مستوى الكفاية من عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم فى المراحل العمرية المختلفة لنبت الباذنجان، كما يلى (Hartz & Hochmuth ١٩٩٦).

مرحلة النمو	تحليل الأوراق على أساس الوزن الجاف (٪)		تحليل العصير الخلوى لأعناق الأوراق (جزء فى المليون)	
	N	K	نيروجين نتراتى	K
ول التمار بطول ٥ سم	٤.٥–٥,٥	٤ ٥–٦,٠	١٢٠٠–١٦٠٠	٤٥٠٠–٥٠٠٠
بدية لحصاد	٤,٥–٥,٠	٣,٥–٥,٠	١٠٠٠–١٢٠٠	٤٠٠٠–٤٥٠٠
منتصف موسم الحصاد	٣ ٥–٤ ٥	٣,٠–٤,٠	٨٠٠–١٠٠٠	٣٥٠٠–٤٠٠٠

برنامج التسميد

تحصل ثمار الباذنجان على نحو ٤٥٪–٦٠٪ من كمية النيتروجين الكلية التي تمتصها النباتات، ونحو ٥٠٪–٦٠٪ من الفوسفور الكلى، و ٥٥٪–٧٠٪ من لبوتاسيوم الكلى وتحتاج النباتات إلى تغذية متوازنة ومستمرة من هذه العناصر الأولية حتى نهاية موسم الحصاد، ولذا فإنها تستجيب جيدًا للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط ويفضل الباذنجان النيتروجين النتراتى عن النيتروجين الأمونيومى، الذى يؤدى إلى نقص معدل النمو النبتى (Hegde ١٩٩٧)

يؤدى استعمال المصادر النشادرية فقط كمصدر للنيتروجين عند تسميد الباذنجان إلى انخفاض معدل البناء الضوئى خلال المراحل المبكرة للنمو النباتى، وحدوث تقزم فى النمو. مع ظهور اصفرار فيما بين العروق فى نصل الأوراق السفلى، وميل الأوراق لأسفل leaf epinasty، وظهور تحلل فى حوافها، ويتبع ذلك ذبول النباتات، وسقوط الأوراق، وتكوين بقع متحللة على السيقان ونقص فى نموها، مع نقص مماثل فى نمو الجذور، والثمار وتزداد حدة هذه الأعراض فى ظروف الإضاءة الضعيفة عنها فى الإضاءة القوية، وفى النباتات الصغيرة خلال مراحل النمو السريع للثمار (Claussen & Lenz ١٩٩٥). هذا إلا أن توفير ٣٠٪ – فقط – من النيتروجين فى صورة نشادرية أدى إلى زيادة كفاءة ستخدام الماء، وزيادة انطلاق كاتيون الأيدروجين (H^+) من الجذور؛ الأمر الذى أبقى على الـ pH فى المدى المناسب للنمو النباتى (Elia وآخرون ١٩٩٧).

وفى الزراعات المحمية .. أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى – على صورة حامض فوسفوريك – من ٢٤ إلى ٣٦ جم P لكل متر مربع إلى زيادة استفادة نباتات الباذنجان من زيادة معدل التسميد الآزوتى – على صورة نترات بوتاسيوم – من ١٥ إلى ٣٠ جم N/م^2، وإلى زيادة نسبة المحصول الصالح للتسويق (Lopez-Cantarero وآخرون ١٩٩٧)

ويعامل الباذنجان معاملة الفلفل فيما يتعلق ببرنامج التسميد. غير أنه لا يحتاج إلى

تسميد خاص بنترات الكالسيوم؛ لعدم تعرض الباذنجان إلى الإصابة بعيوب فسيولوجية — يسببها نقص عنصر الكالسيوم — كما يحدث فى الفلفل.

ملوحة المحاليل المغذية وعلاقتها بالنمو والمحصول والجودة

يتأثر نمو ومحصول الباذنجان سلبيًّا بارتفاع الأملاح؛ ففى المزارع اللاأرضية أدت زيادة ملوحة المحلول المغذى (ذات درجة التوصيل الكهربائى ٢,١ مللى موز/سم) إلى ٤,١ مللى موز/سم بإضافة كلوريد الصوديوم إليه إلى نقص وزن الثمرة والمحصول الكلى، حيث انخفض المحصول من ١١,٩ كجم/نبات فى الكنترول إلى ٩,٥ كجم/نبات عند توصيل كهربائى مقداره ١ ٢ مللى موز/سم، وإلى ٦,٠ كجم/نبات عند توصيل كهربائى مقداره ٨,١ مللى موز/سم، بينما قلت المساحة الورقية عند توصيل كهربائى مقدراه ٦ ١ مللى موز/سم أو أعلى من ذلك. كذلك ازداد محتوى الثمار من المادة الجافة بزيادة ملوحة المحلول المغذى (Savvas & Lenz ١٩٩٤)، كما ازداد محتواها من الصوديوم والكلور، بينما لم يتأثر محتواها من البوتاسيوم بزيادة ملوحة المحاليل المغذية حتى ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم (Chartzoulakis ١٩٩٥).

وفى دراسة لاحقة وجد Savvas & Lenz (١٩٩٦) أن زيادة تركيز الأملاح إلى ٦٠ مللى مول كلوريد صوديوم فى المحلول المغذى أدت إلى نقص المحصول، ولكن دون أن تظهر على النباتات أية أعراض لعيوب فسيولوجية. وبينما أدت زيادة الملوحة إلى تركيز الصوديوم فى الجذور والأوراق المسنة، فإن العنصر لم يتراكم إلا بدرجة بسيطة فى الثمار والأوراق الحديثة فى هذه الظروف. وكانت زيادة الملوحة مصاحبة بنقص فى محتوى الثمار والأوراق المسنة من عنصر الكالسيوم.

وعندما زرعت بذور الباذنجان فى مخلوط من الرمل والبرليت بنسبة ١ : ٣ وكان الرى بمحلول هوجلند المغذى المضاف إليه كلوريد الصوديوم بتركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول .. وجد ما يلى:

١ أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم حتى ٥٠ مللى مول إلى تأخير إنبات البذور، ولكن هذا التركيز لم يؤثر على نسبة الإنبات النهائية.

٢ - نقصت نسبة إنبات البذور جوهريًا عندما استعمل تركيز ١٠٠، و ١٥٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم.

٣- نقص ارتفاع النبات ونقصت المساحة الورقية بزيادة تركيز الأملاح حتى ٢٥ مللى مول أو أعلى من ذلك.

٤- ازداد تركيز الصوديوم والكلور بزيادة تركيز الملوحة.

٥- ارتبط معدل البناء الضوئى سلبيًا مع تركيز كل من الصوديوم والكلور فى الأوراق المسنة. ولكن لم يظهر هذا الارتباط فى الأوراق الحديثة حتى تركيز ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم.

٦ كان النقص فى المحصول الكلى بنسبة ٢٣٪، و ٤١٪، و ٦٩٪، و ٨٨٪ عند مستويات ملوحة ٢٥، و ٥٠، و ١٠٠، و ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم، على التوالى.

٧- انخفض عدد الثمار وحجمها بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Chartzoulakis & Loupassaki ١٩٩٧).

دُرس تأثير تعريض نباتات الباذنجان النامية فى مزرعة مائية مغلقة لشدٍ مقداره ٦,١ ديسى سيمنز/م — وذلك من الزراعة حتى بداية الحصاد — على النمو النباتى، والمحصول، ومحتوى العناصر الكبرى. وقد تم تأمين الملوحة الزائدة إما بإضافة أملاح سمادية أخرى للمحلول المغذى (ذات كاتيونات ثنائية الشحنة)، وإما بإضافة كلوريد الصوديوم إليه. وأظهرت النتائج أن تعريض النباتات للملوحة قبل بدء الحصاد قلل من كل من النمو الخضرى خلال تلك المرحلة، ومن محصول الثمار المبكر، الذى كان تأثره أشد من تأثر النمو الخضرى. وكان مرد انخفاض المحصول المبكر إلى حدوث انخفاض فى متوسط وزن الثمرة، بسبب نقص فى محتواها الرطوبى. ولقد اختفى التأثير السلبى بمعاملة الملوحة على متوسط وزن الثمرة بعد ٢٥ يومًا من توقف معاملة الملوحة. وكنتيجة

لذلك . فإن المحصول الكلى المتحصل عليه بعد خمسة شهور من الحصاد لم يتأثر بمعاملة الملوحة قبل بدء الحصاد لم يكن لمصدر الملوحة تأثير على النمو النباتى، كما لم يكن للملوحة أية تأثيرات على التوازن الغذائى بالنبات أيًّا كانت الأملاح التى استخدمت لتحقيق الملوحة التى تمت المعاملة بها ويُستنتج من تلك النتائج إمكان الحد من النمو الخضرى الغزير للباذنجان — بتعريض النباتات فى بداية حياتها للملوحة ٦،١ ديسى سيمنز/م، مع وقف معاملة الملوحة إما عند أول قطفة إذا كان المحصول الكلى أهم من المحصول المبكر، وإما قبل ذلك بثلاث أسابيع إن كان المحصول المبكر هو الأهم (Savvas & Lenz ٢٠٠٠)

ومن المعلوم أن النمو الخضرى للباذنجان يزداد بغزارة شديدة فى المراحل الأولى من نموه فى المزارع المائية وللحد من تلك الظاهرة، وكذلك لأجل تحسين جودة الثمار، دُرس تأثير الملوحة المعتدلة فى هذا الشأن. وتبين أن تعريض النباتات للملوحة لفترات طويلة يؤثر على محصول الثمار بدرجة أكبر من تأثيره على النمو الخضرى، كما وجد أن رفع درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى تزداد معه شدة الإصابة بظاهرة تعفن الثمار الداخلى internal fruit rot ذات العلاقة بنقص الكالسيوم، الأمر الذى يُحتم المحافظة على درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عند المستوى القياسى خلال فترة الحصاد.

وإنه لمن المعروف أن ثمرة الباذنجان تجذب إليها الغذاء المجهز بقوة أكبر من جذب الأوراق لها، بما يعنى أنه خلال فترة الحصاد يتأثر النمو الخضرى جزئيًّا بحمل الثمار. وبذا . فإنه مع تأثر محصول الثمار سلبيًّا بتعرض النباتات للملوحة قبل بدء الحصاد، فإن النمو الخضرى الزائد فى بداية حياة النبات يمكن الحد منه بتعريض النباتات لمستوى معتدل من الملوحة فى تلك المرحلة من النمو السابقة لمرحلة الحصاد (Savvas & Lenz ٢٠٠٠).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

استجاب الباذنجان لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة —

حتى ٦٦٣ جزءًا فى المليون – بزيادة المحصول بنسبة تراوحت بين ١٠٪ و ٢٥٪، على الرغم من أن ذلك كان مصاحبا باصفرار فى قمة الورقة؛ كان مرده إلى نقص انتقال عنصر البورون إلى الأوراق الحديثة السريعة النمو؛ بسبب نقص معدل النتح، الذى حدث – بدوره - لأن التركيز العالى للغاز أحدث إغلاقًا جزئيًا للثغور (Nederhoft ١٩٩٦، و Nederhoff & Buitelaar ١٩٩٢)

التربية والتقليم

تربى نباتات الباذنجان رأسيًا وتقلم بطريقة تماثل تلك المستعملة فى تربية وتقليم الفلفل

وقد قُورنت معاملات لتربية وتقليم الباذنجان على النحو التالى: التربية على ساق واحدة مع ترك ثمرتين، وورقة، أو ورقتين، أو ثلاث ورقات عند كل عقدة، والتربية على ساقين مع ترك ثمرة واحدة، وورقة، أو ورقتين، أو ثلاث أوراق عند كل عقدة. وقد وجد إنه مع السماح بالعدد الأكبر من الأوراق والثمار انخفض تخلل الأشعة النشطة فى البناء الضوئى للنمو الخضرى. ولقد ظهر تأثير التحسن فى كفاءة البناء الضوئى – فى النباتات التى قُلِّمت بشدة – بحدوث زيادة فى متوسط مساحة الورقة، وفى سمك نسيج الميزوفيل بها (Ambroszczyk وآخرون ٢٠٠٨أ)

كذلك دُرس تأثير تقليم وتربية الباذنجان على النمو والمحصول فى الصوبات، وكانت التربية إما على ساق واحدة أو اثنتين. وفى حالة التربية على ساقين سُمح للساق الثانية بالنمو من عند العقدة الأولى، أو الثالثة، أو السادسة، أو التاسعة. وقد وجد أن التقليم الجائر أثر إيجابيًا على تخلل الأشعة النشطة فى البناء الضوئى للنمو الخضرى. وكانت أعلى نسبة لعقد الثمار فى أشد المعاملات تقليمًا. أثر التقليم على المحصول الكلى، وإن لم يكن له تأثير على محصول الثمار الصالحة للتسويق. وكان أكبر عدد مُنتج من ثمار المحصول المبكر والمحصول الكلى فى معاملة التربية على ساقين، مع السماح للساق الثانية بالنمو من عند العقدة السادسة وكانت أعلى نسبة من السكريات المختزلة فى ثمار النباتات

التى قُلِّمت باعتدال، كذلك كانت أعلى نسبة من كل من السكريات المختزلة والنشا بأوراق النباتات التى قُلِّمَت باعتدال. وهى النباتات التى حدث بها أفضل تحلل واستقبال للأشعة النشطة فى البناء الضوئى (Ambroszczyk وآخرون ٢٠٠٨ب)

تحسين العقد

تظهر مشاكل عدم التلقيح الكافى — أحيانًا — حينما يقل إنتاج حبوب اللقاح، وتنخفض حيويتها، أو عندما تفشل المتوك فى التفتح وعلى الرغم من أن زيادة أعداد حبوب اللقح الخصبة المتوفرة للتلقيح تؤدى إلى زيادة عقد الثمار وعدد البذور فيها، فإنه نادرا ما تتخذ أية إجراءات خاصة لتحسين التلقيح — مثل توفير خلايا النحل، أو هز الأزهار — فى الزراعات المحمية

ولا يؤدى خف أزهر الباذنجان إلى تحسين عقد الأزهار المتبقية، ولا يؤثر على حجم الثمار التى سبق عقدها.

وتعقد ثمار الباذنجان فى دورات تتوافق مع دورات الإزهار والتغيرات فى مورفولوجى الأزهار، حيث تزداد نسبة الأزهار ذات الأقلام القصيرة — التى ينعدم فيها العقد — بشدة — فى نهاية كل دورة. وتتأثر هذه الدورات بالحمل الغزير، وقوة النمو الخضرى وتؤدى جميع العوامل البيئية غير المناسبة — مثل الحرارة المنخفضة، وظروف الجفاف، وسوء التغذية، والإضاءة الضعيفة، والإصابات المرضية والحشرية التى تجرد النبات من جزء كبير من أوراقه — تؤدى جميع هذه العوامل إلى سقوط الأزهار (Nothmann ١٩٨٦)

وقد وجد تحت ظروف الحرارة العالية، وقلة حركة الهواء، وانعدام النشاط الحشرى فى البيوت المحمية أن عقد الثمار يرتبط بموقع الميسم من المنافذ التى تخرج منها حبوب اللقح فى المتوك. فكان العقد أعلى ما يمكن عندما كان الميسم قريبًا منها؛ بينما انعدم العقد عندما كانت المياسم تحمل على أقلام قصيرة (أقل من ٠,٥ سم) وتقع أسفل منافذ خروج حبوب اللقاح، وانخفضت نسبة العقد عندما كانت المياسم تحمل على أقلام طويلة

(أكثر من ١٢ سم). وبقع أعلى منافذ خروج حبوب اللقاح بأكثر من ٢٠ سم كذلك ارتبطت نسبة العقد بكل من حجم الثمار ومحتواها من البذور، ولكن ذلك لم يؤثر على نوعية البذور (Passam & Boplmatıs ١٩٩٧).

العقد البكرى

يعد العقد البكرى للثمار من الظواهر المعروفة فى الباذنجان، والتى يزداد معدل حدوثها فى الحرارة المنخفضة، وبالمعاملة ببعض منظمات النمو؛ مثل حامض الجبريلليك، ونفثالين حامض الخليك، والـ 2,4-D، و 2,4,5-T، وهى صفة وراثية كمية (أى يتحكم فيها عدة جينات)، حيث تظهر بدرجات متفاوتة فى الأصناف المختلفة

وتتفاوت ظاهرة العقد البكرى في شدتها في الصنف الواحد — كذلك — حسب درجة الحرارة السائدة ففى الجو الأكثر برودة شتاء تؤدى معاملة الأزهار بحامض الجبريلليك إلى إنتاج ثمار خالية تمامًا من البذور. وفى الجو الأقل برودة — كما فى نهاية فصل الخريف وبداية الربيع — تؤدى المعاملة ببعض الأوكسينات إلى تحفيز نمو البويضات — بعد تفتح الأزهار — دون إخصاب؛ فتتكون أغلفة بذرية خالية من الأجنة، ينتهى بها الأمر — فيما بعد — إلى الاضمحلال والانكماش. وقد تظهر كلتا الظاهرتين فى مبايض الزهرة الواحدة (Nothmann ١٩٨٦)

وقد أدى تلقيح الأزهار أو معاملتها بمنظم النمو 4-chlorophenoxyacetic acid (اختصارًا 4-CPA) إلى زيادة محتوى الثمار العاقدة من الهرمون إندول حامض الخليك IAA ويبدو أن هذا الهرمون يلعب دورًا فى تمثيل الإنزيم soluble acid invertase الذى قد يحفز نمو الثمار (Lee وآخرون ١٩٩٧). وفى دراسة لاحقة (Lee وآخرون ١٩٩٧) وُجد أن إندول حامض الخليك يحفز نشاط الإنزيم acid invertase، وأن الزيادة فى تركيز السكروز تحفز نشاط الإنزيم sucrose synthase، الأمر الذى يحفز نمو الثمار.

كذلك أدت معاملة أزهار الباذنجان بمنظم النمو نفثالين حامض الخليك NAA فى ظروف الحرارة المنخفضة إلى زيادة عدد الثمار العاقدة، وزيادة أحجامها، مع زيادة فى قطر الثمار وصلابتها (Leonardı & Romano ١٩٩٧).

وعلى الرغم من أن مبايض أزهار أصناف الباذنجان ذات القدرة الاختيارية على تكوين ثمار بكرية facultatively parthenpcarpıc لا تختلف فى محتواها من الأوكسين IAA عن مبايض أزهار الأصناف غير القادرة على العقد البكرى، إلا أن نمو مبايض أزهار الأصناف الأولى (ذات القدرة على العقد البكرى) يحدث بسبب استمرار تواجد تركيز عالٍ من الأوكسين فيها بعد العقد بخلاف ثمار الأصناف غير القادرة على العقد البكرى (Ikeda وآخرون ١٩٩٩).

وسائل تحسين العقد

إن من أهم وسائل تحسين عقد الثمار فى الباذنجان، ما يلى:

١- المعاملة بمنظمات النمو:

تحفز المعاملة ببعض منظمات النمو مثل حامض الجبريلليك والأوكسينات وغيرها .. تحفز أزهار الباذنجان على العقد. ويكون تأثيرها أوضح ما يمكن على الأزهار ذات الأقلام الطويلة، وبدرجة أقل على الأزهار ذات الأقلام المتوسطة الطول، بينما يكون تأثيرها محدودًا على الأزهار ذات الأقلام القصيرة. وتختلف الأصناف فى استجابتها لمعاملات منظمات النمو (Nothmann ١٩٨٦). وينشط النمو الثمرى ويزداد معدله بالمعاملة بمنظمات النمو.

وقد دُرس تأثير معاملة الأزهار وقت تفتحها بنفثالين حامض الخليك بتركيز ١٣٠ جزءًا فى المليون، وتدفئة البيت المحمى ليلاً إلى ١٣°م كحد أدنى (مقارنة بعدم التدفئة) على إثمار صنفين من الباذنجان، أحدهما بكرى العقد والآخر غير بكرى (عادى). وقد وجد أن لحرارة الصوبة تأثير جوهرى على عدد الثمار بالنبات — حيث ازداد العدد فى حاله التدفئة – دون التأثير على متوسط وزن الثمرة. وأنتج الصنف البكرى العقد عددًا

أكبر من الثمار بالنبات عن الصنف غير البكرى العقد، إلا أن متوسط وزن الثمرة كان متماثلاً فيهما وأدت المعاملة بنفثالين حامض الخليك إلى زيادة كل من عدد الثمار بالنبات، ومتوسط وزن الثمرة. وكان المحصول المبكر أعلى فى كل من الصوبة المدفأة، وفى الصنف البكرى العقد، وبعد المعاملة بنفثالين حامض الخليك. كذلك كانت الثمار المنتجة فى الصوبة المدفأة أو بعد المعاملة بنفثالين حامض الخليك أعرض وذات نسيج وسطى mesocarp (اللُب) أكثر صلابة (Leonardi & Romano ١٩٩٧).

٢- الاستعانة بالنحل فى التلقيح:

أدى الاعتماد على النحل الطنّان فى الزراعات المحمية إلى زيادة محصول الباذنجان بنسبة ٢٣٪، والطماطم بنسبة ١٧٪، مقارنة بالتلقيح الطبيعى دون مساعدة حشرية أو ميكانيكية كذلك أدى التلقيح بالنحل الطنّان إلى زيادة عدد الثمار فى المتر المربع بنسبة ٢٢٪ للباذنجان، و ٦٪ للطماطم، وعدد البذور بالثمرة بنسبة ٦٢٪ للباذنجان، و ١٠٠٪ للطماطم، بينما لم تظهر فروقًا جوهرية فى صفات جودة الثمار، ووزن الثمرة وقطرها فى الطماطم، وفى قطرها وطولها فى الباذنجان بين النباتات التى لقحت بالنحل الطنّان وتلك التى لم تلقح (Abak وآخرون ١٩٩٥).

صفات الجودة

حجم الثمار ونموها

تتبع ثمار الباذنجان فى نموها شكل منحنى الزيجمويد sigmoid pattern، ويكون النمو بطيئًا فى الحرارة المنخفضة كما توجد علاقة طردية بين معدل نمو الثمار وحجمها النهائى وبين عدد البذور فيها، ولذلك علاقة بدرجة الحرارة السائدة عند العقد، حيث يقل عقد البذور كلما انخفضت درجة الحرارة.

ويزداد الوزن النوعى للثمار، كما تزداد قليلاً صلابة الثمار غير الناضجة أثناء نموها

ويؤدى عقد الثمار ونموها إلى تحفيز عملية البناء الضوئى فى النبات وتحصل الثمار

أثناء نموها على أكثر من ٩٠٪ من الغذاء المجهز، ويترتب على ذلك ضعف النمو الخضرى والجذرى، ونقص محتوى الأوراق من المواد الكربوهيدراتية (Nothmann ١٩٨٦).

لون الثمار

تباين اللون

يتحدد لون ثمرة الباذنجان بكل من لون الجلد، ولون اللب، وتؤدى التوافقات المختلفة من لونيهما إلى ظهور تدرجات كثيرة من التلوين فى الثمار غير الناضجة فسيولوجيًّا

ونظرًا لأن اللب الداخلى يكون دائمًا أبيض اللون أو أبيض مصفر قليلاً؛ لذا .. فإن الجزء الخارجى من لب الثمرة هو الذى يؤثر فى لونها النهائى. ويتباين لون هذا الجزء بين الأبيض، والأخضر، والأبيض المخطط. هذا بينما يتراوح لون جلد الثمرة بين الشفاف، والأرجوانى، والأرجوانى المخطط.

وقد تكون الثمرة لامعة أو غير لامعة، ومتجانسة اللون، أو مخططة، أو مبقعة، أو ذات أكتاف خضراء وغير منتظمة التلوين.

قد يبدأ تلوّن الثمرة فى مرحلة مبكرة جدًّا إلى درجة أن المبيض قد يكون ملونًا من قبل تفتح الزهرة، ولكن التلوين يبدأ — غالبًا — بعد أيام من تفتح الزهرة. وتصل دكنة اللون إلى أقصى شدة لها بعد نحو ثلاثة أسابيع — أى عندما تصل الثمار إلى مرحلة النضج الاستهلاكى — وتبقى على هذا الوضع لعدة أيام. ومع استمرار نمو الثمرة فإن لونها تقل شدته تدريجيًّا.

يبدأ تراكم الصبغات الأنثوسيانينية عند الطرف الزهرى للثمرة؛ وتنتشر تدريجيًّا باتجاه العنق، وعند نضج الثمرة يحدث فقد للون فى ذات الاتجاه

ويعد لون الثمرة صفة وراثية، ولا يوجد أى ارتباط بين لون جلد الثمرة ولون لبها.

كما قد يتأثر تكوين صبغات الأنثوسيانين السائدة فى جلد الثمرة بالضوء أو لا يتأثر به. ويمكن التعرف على ذلك من ملاحظة لون الجلد تحت كأس الثمرة، فإن كان عديم اللون دل ذلك على تأثر تكوين صبغات الأنثوسيانين بالضوء.

ويختلف لون الثمار الناضجة بين الأصفر الذهبى فى الثمار التى كانت قبل ذلك بيضاء اللون إلى البنى القاتم فى الثمار التى كانت قبل ذلك قرمزية قاتمة اللون أو سوداء.

الصبغات

تعد جميع الصبغات التى توجد فى جلد الثمرة من الأنثوسيانينات، وتُعرَّف بأنها جليكوسيدات الدلفندين delfinidin glycosides التى تختلف فى تركيبها فى مختلف الأصناف أو مجاميع الأصناف. ويوجد كلوروفيل أ، و ب فى الطبقات الخارجية من الغلاف الثمرى ويتوقف اللون النهائى للثمرة على تركيز كل من الأنثوسيانينات والكلوروفيل. حيث يكون اللون شديد القتامة وقريبا من الأسود عند تواجد تركيز عال من كل منهما ولذا نجد أن اللون فى الباذنجان يتراوح من الأبيض إلى الأسود مع درجات مختلفة من اللونين الأخضر والقرمزى بينهما.

وقد وجد أن الأنثوسيانين الرئيسى فى جلد ثمار كثير من أصناف الباذنجان هو: delphinidin 3-p-coumarylrhamnosylglucoside-5-glucoside، حيث شكّل من ٦٩,١٪ إلى ٨٧,٧٪ من الأنثوسيانينات الكلية، ولكن كان الأنثوسيانين الرئيسى فى أحد الأصناف اليابانية (وهو الصنف Wase-Beikokuoomaru) هو: delphinidin 3-glucosylrhamnoside، حيث شكّل ٧٩,٥٪ من الأنثوسيانينات الكلية فى بشرة ثماره (Matsuzoe وآخرون ١٩٩٩)

العوامل المؤثرة فى اللون

يعمل انخفاض درجة الحرارة على بطء تكوّن الصبغات، مما يؤدى إلى نقص دكنة اللون النهائى للثمرة كذلك تقل دكنة اللون فى الثمار المتأخرة فى التكوين على نفس

العنقود. وفى الشتاء تؤدى الحرارة المنخفضة إلى نقص دكنة اللون بسبب تأخر التلوين وبطء تمثيل الصبغات، كما تسرع الحرارة المنخفضة من فقد الصبغات؛ مما يؤدى إلى ظهور أعراض عدم انتظام التلوين. والاخضرار والتلون البنى. ويكون فقد اللون القرمزى بواسطة إنزيمات الـ anthocyanase، والـ polyphenol oxidases (Mothmann ١٩٨٦).

ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهارًا، مع نقص الرطوبة الأرضية إلى فقد الثمار للمعانها.

وتؤدى زيادة كثافة النمو الخضرى وعدم تربية النباتات بشكل جيد — فى الزراعات المحمية — إلى اكتساب الثمار لونًا ضاربًا إلى الحمرة.

وقد تشاهد بقع بنية على الثمار عند كثرة الندى. ويرجع ذلك إلى تأثير الـ NO_2 الذى يذوب فى قطرات الندى التى تتكثف على سطح الثمرة (عن Kanahama ١٩٩٤).

ولا تتكون الصبغات الأنثوسيانينية فى خلايا بشرة ثمار بعض الأصناف إذا ما حجب عنها الضوء ابتداء من المراحل المبكرة لنمو الثمار (Matsuzoe وآخرون ١٩٩٩).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

عفن الثمار الداخلى

يظهر عفن الثمار الداخلى Internal Fruit Rot — وهو عيب فسيولوجى — عند نقص الكالسيوم فى أنسجة الثمرة، وتؤدى زيادة الملوحة الأرضية (أو ملوحة المحلول المغذى) إلى ازدياد تفاقم هذه الحالة. هذا .. ولم يكن لأى من الأيونات الأخرى فى المحاليل المغذية أى تأثير على الإصابة بهذا العيب الفسيولوجى طالما تساوت درجة التوصيل الكهربائى فيها جميعًا، كما لم يتأثر محتوى الأوراق من الكالسيوم بمستوى الملوحة فى المحاليل المغذية (Savvas & Lenz ١٩٩٤).

تشوهات الثمار

يؤدى عدم النمو الطبيعى لأنسجة الكرابل إلى تكوين ثمار مشوهة تظهر فيها بروزات

متنوعة تكون مدببة (تشبه القرون وتسمى horns)، أو تكوين مبايض غير مغلقة جيدًا. يظهر جزء منها خارجيًا، مما يؤدى – أحيانًا – إلى ظهور المشيمة والبذور تحدث هذه الظاهرة أساسا فى المواسم الباردة

كذلك قد تظهر أقلام كثيرة بالزهرة الواحدة فى الجو الدافئ عند المعاملة بحامض الجبرلليك

ومن التشوهات الثمرية الأخرى التى يمكن أن تحدث أحيانًا فى الجو البارد تكوّن ثمرة صغيرة إضافية فى قمة الثمرة. وتكوّن جزئى لثمرة ثانوية، وتكوّن جلد ملون داخل ثمرة طبيعية المظهر

وفى الجو الشديد البرودة قد ينمو مبيض الزهرة لفترة قصيرة بعد تفتحها، ثم تسقط الزهرة بعد ذلك لعدم خصوبة حبوب اللقاح التى أسهمت فى تلقيح الزهرة وفى أحيان أخرى قد يتوقف مبيض الزهرة عن الاستمرار فى النمو بعد أيام قليلة من تفتح الزهرة، بينما يستمر كأس الزهرة فى النمو والتضخم. وأحيانًا يسقط المبيض كلية أو يجف، بينما يبقى الكأس المتضخم متصلاً بالنبات (عن Nothmann ١٩٨٦)

ويؤدى عدم التجانس فى عقد البذور داخل الثمرة الواحدة إلى عدم انتظام نموها، حيث تكون أكبر حجما فى الجانب الذى يكثر فيه البذور

أضرار الإضاءة المستمرة

يؤدى تعرض نباتات الباذنجان لإضاءة مستمرة إلى اصفرار الأوراق، ويرتبط ذلك بأيض المواد الكربوهيدراتية، إذا أن حجب غاز ثانى أكسيد الكربون لعدد من الساعات يوميًا – فى ظروف الإضاءة المستمرة – يؤدى إلى تأخير ظهور أعراض الاصفرار وضعف شدته (Murage وآخرون ١٩٩٦) هذا ولم يرافق هذا الاصفرار أى اختلاف فى محتوى الأوراق من البوتاسيوم، أو المغنيسيوم، أو الكالسيوم (Murage وآخرون ١٩٩٦).

وفى دراسة لاحقة (Murage وآخرون ١٩٩٧) وُجدَ أن الاصفرار الشديد يحدث عند

التعرض لإضاءة مستمرة من الضوء الأزرق أو الأحمر، وأن شدة الاصفرار تتناسب طرديًا مع شدة الإضاءة، وأنها تقل حدة عند تعريض النباتات لحرارة منخفضة مقدارها ١٥°م لمدة ١٢ ساعة يوميًا. وكان الاصفرار الشديد مصاحبًا بتحلل فى الأنسجة، ونقص فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلى وكلوروفيل أ، و ب. ويستفاد من ذلك كله أن ظاهرة الاصفرار ترتبط بنشاط البناء الضوئى أو أيض الكربون فى النبات. وكانت أولى التغيرات الفسيولوجية المؤدية إلى الاصفرار — والتى ظهرت ابتداء من اليوم الثانى من التعرض للإضاءة المستمرة (بينما لا تظهر أعراض الاصفرار قبل اليوم الرابع) — زيادة فى نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة: superoxide dismutase، و catalase، و peroxidase (Murage & Masuda ١٩٩٧).

الأمراض والآفات ومكافحتها

سبق أن تناولنا فى الفصل الثامن موضوع الأمراض والآفات ومكافحتها بشئ من التفصيل، ونلقى هنا مزيدًا من الضوء على الموضوع فيما يخص الباذنجان.

أمراض التربة الفطرية

ذبول فيرتسيليم

يفيد استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة فى الحد من أضرار الإصابة بذبول فيرتسيليم وعلى الرغم من أن أعراض الإصابة بذبول فيرتسيليم ظهرت فى ٥٠٪ من النباتات مبكرة بمقدار ١٣ يومًا عندما استعمل الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة، مقارنة بما كان عليه الحال عندما لم يستعمل الغطاء البلاستيكى، إلا أن النباتات التى استعمل معها الغطاء البلاستيكى كانت أقوى نموًا، وكانت ثمارها أكبر حجمًا عندما أعطيت جرعة إضافية من النيتروجين مقارنة بثمار الكنترول (Elmer & Ferrandino ١٩٩١).

وقد أفاد استعمال فطر الميكوريزا *Trichoderma etunicatum* فى توفير قدر عال من الحماية ضد الفطر *V. dahliae*، وزيادة محصول الباذنجان، وقلة تشوهات الثمار (Matsubara وآخرون ١٩٩٥).

كذلك أفـدت عـدوى جـذور شـتلات الباذنجـان بـالفطر *Talaromyces flavus* فـى منافسة الفطر *V dahliae*، وخفض شـدة الإصـابة بـذبول فيرتـسيلليم (Fahim & Henis ١٩٩٥) وكان لاستعمال أى من فطرى المكافحة الحيويـة *T flavus*، و *Gliocladium roseum* – أو كليهما معًا – مع جرعات مخففـة مـن المبيـد ميثـام–صـوديوم Metham sodium .. كان لها تأثير متجمع فـى مكافحـة المرض (Fravel ١٩٩٦). ويبـدو أن دور الفطر *T flavus* فى المكافحة الحيوية للفطر *V. dahliae* يكون من خلال إنتاجه لمركبات مضادة للفطريـات ولنـشاط الإنـزيم glucose-oxidase بـالفطر المـرض *V dahliae*، ممـا يتسبب فى تأخير إنبات الجراثيم وبـطء نمـو الغـزل الفطـرى، مـع تكـوّن المـيلانين فـى الأجسام الحجرية الصغيرة الحديثة التكوين (Madi وآخرون ١٩٩٧).

ومن فطريات الميكوريزا الأخرى التى أعطت نتائج مبشرة فـى مكافحـة مـرض ذبـول فيرتـسيليم فى الباذنجان الفطر *Glomus versiforme* الذى حفزٌ النمو النبـاتى إلى جانـب الحد من تأثير الفطر *V dahliae* (Li وآخرون ١٩٩٧).

اللفحة الجنوبية

يفيد استعمال الفطر *Talaromyces flavus* فـى المكافحـة الحيويـة للفطـر *S. rolfsii*. وتحدث المكافحة بالتطفـل، وتـرتبط بنـشاط إنـزيم الــ chitenase فـى الفطـر *T. flavus* (Madi وآخرون ١٩٩٧).

الذبول البكتيرى

أفاد تطعيم الباذنجـان علـى أصـول مـن *Solanum sisymbriifolium*، و *S. torvum*، والهجـين *S. integrifolium* x *S. melongena* cv Dingaraj Multiple Purple (وهـو هجـين amphidiploid) أفـاد فـى خفـض معـدل مـوت النباتـات مـن جـراء الإصـابة بالبكتيريـا *Ralstonia solanacearum* بنـسب تراوحـت بـين ٤٠٪، و ٩٠٪ (Mian وآخرون ١٩٩٥). ويعد *S torvum* أكثر أصول الباذنجان اسـتخدامًا لأجل مكافحة الذبول البكتيرى (Singh & Gopalakrishnan ١٩٩٧).

كـذلك يتميـز الأصـل الهجـين داياتـارو Diataro بمقاومتـه العاليـة لـرض الـذبول البكتيرى، فضلاً عـن مقاومتـه لـرض الـذبول الفيـوزارى، وقـد أنـتج Monma وآخـرون (١٩٩٧) هذا الهجين بالتلقيح بين صنفين من الباذنجان *S. melongena*، هما: الـصنف الهندى WCGR 112-8 — المقاوم للذبول البكتيرى — كأم، والـصنف المـاليزى LS1934 — المقوم لكـل مـن الـذبول البكـتيرى والـذبول الفيـوزارى — كـأب. يتميـز هـذا الأصـل بصلاحيته للتطعيم، وبأنه يؤدى إلى زيادة المحصول المبكر لأصناف الباذنجـان المطعومـة عليه مقارنة بتلك المطعومة علـى الأصـل *S. torvum* cv. Torvum، ولكنـه لا يـؤثر علـى محصولها الكلى مقارنة بالمحصول الكلى على الأصل Torvum.

كما وجد أن بعض سلالات الزيـدوموناذز الفلوريـة — مثـل الـسلالة FPP5 — كانـت عالية الكفاءة فى تحفيز نمو نباتـات الباذنجـان ومكافحـة البكتيريـا *R. solanacearum* (Chao وآخرون ١٩٩٧)

الأمراض النيماتودية

تساوت المكافحـة الحيويـة لنيمـاتودا تعقـد الجـذور *M. incognita* باسـتعمال الفطـر المتطفـل عليهـا *Paecilomyces lilacinus* مـع المكافحـة باسـتعمال المبيـد فينـاميفوس fenamiphos، حيث أدى اتباع أى من الطريقتين إلى زيادة محصول الباذنجان (Noe & Sasser ١٩٩٥)

ومن الفطريات الأخرى التى أعطت نتائج إيجابية فى خفض أعداد النيماتودا وزيـادة المحصول كلاً من *Arthrobotrys oligospora*، و *A. superba*، وإن كانت المعاملـة بـأى منهمـا لم تـؤد إلى خفـض دليـل التثألـل gall index (شـدة الأعـراض) مقارنـة بالمعاملـة بالفيناميفوس (Colombo وآخرون ١٩٩٥).

وقد حصـل Rao وآخرون (١٩٩٧) على مكافحـة جيـدة لنيمـاتودا تعقـد الجـذور *M. incognita* بغمس الشتلات فى مستخلص مائى لنبات النيم (٥٪ أو ١٠٪) يحتوى علـى جراثيم الفطر *P. lilacinus*

هذا وقد أفد التسميد العضوى للباذنجان — ببعض أنواع الأسمدة الحيوانية — فى مكافحة النيماتودا الكلوية والحد من تكاثرها على الباذنجان وكانت أكثر الأسمدة العضوية الحيوانية فاعلية سماد الحمام. وتلاه سماد السمان، فسماد الدواجن، فسماد الأرانب. بينما كان سماد الإبل أقلها فاعلية (Ismail & Youssef ١٩٩٧)

كذلك أفاد التطعيم بالشق (Vuruskan & Yanmaz ١٩٩١) على أصول مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور والذبول الفيوزارى فى حماية الباذنجان من الإصابة بهما (Morra وآخرون ١٩٩٢).

الآفات

ستخدمت فى المكافحة الحيوية لآفات الباذنجان فى الزراعات المحمية، ما يلى:

الكائن المستخدم فى المكافحة	الآفة التى تمت مكافحتها
Bacillus thuringensis subsp. *tenebrionis*	*Leptinotrsa decemlineata*
Chrysoperla carnea	*Macrosiphum euphorbiae*
	Myzus persicae
Encarsia formosa	*Trialeurodes vaporariorum*
Phytosciulus permsimilis	*Tetranychus urticae*
Orius laevigatus	*Thrips tabaci*
	Fr inkliniella occidentalis

وعلى الرغم من زيادة تكلفة المكافحة الحيوية للآفات بتلك الطريقة عن المكافحة الكيميائية. فإن عدم الحاجة لفتره توقف عند الحصاد بعد الرش بالمبيدات قلل كثيرًا من الخسائر فى الإنتاج (Castaldi ١٩٩٩).

الفصل الثانى عشر

إنتاج الخيار

يعرف الخيار بالاسم الإنجليزى Cucumber، واسمه العلمى *Cucumis sativus* L وهو – مثل الفلفل – من محاصيل الزراعات المحمية الناجحة التى تدر عائدًا اقتصاديًا مجزيًا.

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

الشروط التى يجب توافرها فى الأصناف

لا تستعمل فى الزراعات المحمية غالبًا إلا الأصناف الهجين التى تتميز بالإنتاجية العالية، حتى يمكن خفض تكلفة الإنتاج بالنسبة للطن الواحد من الثمار. ومن المفضل أن تكون الأصناف مقاومة لأهم أمراض الزراعات المحمية، وهى البياض الزغبى، والبياض الدقيقى، والفيروسات، خاصة فيروس موزايك الخيار. وقد تستخدم الأصناف ذات الثمار الطويلة إذا كانت مقبولة لدى المستهلك، أو تقتصر الزراعة على الأصناف ذات الثمار القصيرة من مجموعة بيت ألفا Beit-Alpha Type التى تتميز بطعمها الجيد ونكهتها المرغوبة، إلا أن محصولها يكون أقل مما فى الأصناف ذات الثمار الطويلة.

هذا .. وتتميز أغلب الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية بأنها تحمل أزهارًا مؤنثة فقط، وبمعدل ٣–٤ أزهار أو أكثر فى إبط كل ورقة، وبأنها قادرة على العقد البكرى للثمار، ومن ثم فإنها تعطى محصولاً عاليًا من الثمار، دون الحاجة إلى الحشرات الملقحة للأزهار.

وعند زراعة الأصناف المبكرة العقد فى البيوت المحمية يجب اتخاذ الاحتياطات لكى لا يحدث لأزهارها تلقيح من أصناف أخرى غير بكرية؛ لأن ذلك قد يؤدى إلى إنتاج ثمار غير منتظمة الشكل، وقد تكون مرة الطعم.

الأصناف الهامة

أولاً الأصناف القصيرة الثمار

من أهم الأصناف القصيرة الثمار (وجميعها من الهجن إلا إذا ذكر خلاف ذلك) ما يلى

١- كاتيا Katia

يبلغ متوسط طول الثمرة ١٢ سم. وهى ذات لون أخضر متوسط الدكنة. ينتج النبات أزهارًا مؤنثة فقط. تعقد بكريًا يتحمل النبات درجات الحرارة المنخفضة مقاوم لمرض الجرب الذى يسببه الفطر *Cladosporium cucumerinum* يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر

٢- كورديتو Cordito

ثماره أسطوانية الشكل. يبلغ متوسط طولها ١٥ سم. وذات لون أخضر داكن ينتج النبات أزهارا مؤنثة فقط تعقد بكريًا يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر

٣- مرام Maram

نموه الخضرى غزير. غزير الإنتاج. ثماره قصيرة، جذابة، لونها أخضر فاتح، من طراز البيت ألفا ينتج أزهارًا مؤنثة فقط تعقد بكريًا يعتبر النبات حساسًا لانخفاض درجة الحرارة، وهو قابل للإصابة بكل من البياض الزغبى والبياض الدقيقى، ولكنه مقاوم للجرب يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر

٤ راوا Rawa

نموه الخضرى قليل التفريع ثماره أسطوانية، من طراز البيت ألفا، يبلغ متوسط طولها ١٢-١٥ سم، ولونها أخضر داكن. يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر مقاوم لكل من البياض الزغبى والبياض الدقيقى، وفيرس اصفرار عروق الخيار

٥ - بيكوبللو Picobello

نموه الخضرى غزير. كثير التفريع لون ثماره أخضر داكن، ويبلغ متوسط طولها ١٢-١٥ سم يصلح للزراعة الربيعية.

٦- سمر Samar:

نموه الخضرى قوى. لون ثماره أخضر داكن، ويبلغ متوسط طولها ١٥-١٨ سم. يصلح للزراعة الربيعية. مقاوم للجرب، والبياض الدقيقى، وتبقع الأوراق الذى يسببه الفطر *Corynespora cassiicola*

٧- سويت كرنش Sweet Crunsh

من أصناف الزراعات المكشوفة التى يمكن زراعتها فى عروة الزراعات المحمية الربيعية.

٨- بيت ألفا هجين:

هو كذلك من أصناف الزراعات المكشوفة، التى يمكن زراعتها فى العروة الربيعية للزراعات المحمية

٩- فريد Farid:

مبكر. ثماره مضلعة قليلاً، لونها أخضر قاتم، متوسطة الطول. مقاوم لكل من البياض الزغبى والبياض الدقيقى.

١٠- كريم ١٢٣٦ Karim 1236:

ثماره طويلة نوعًا ما، يبلغ متوسط طولها ١٨ سم، لونها أخضر داكن. يتحمل الحرارة المنخفضة. يصلح للزراعة فى عروة أكتوبر.

١١- نوفو Nouvo:

نمو الخضرى قوى. يتحمل الحرارة المنخفضة. ثماره مضلعة، ومسحوبة قليلاً عند موضع اتصالها بالعنق، لونها أخضر قاتم، ويبلغ متوسط طولها ١٦-١٧ سم. يتحمل الإصابة بكل من البياض الزغبى، والبياض الدقيقى، وفيرس موزايك الخيار. يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر.

١٢- أصناف أخرى هامة، منها ما يلى:

أ- باسندرا Passendra.

ب- فارول ٣٨٣ Farol TW 383

جـ- سيدار Sedar بلغت إنتاجيته فى الإمارات ٢٢ كجم/م[٢] (صالح ١٩٨٨).

د- فيجارو Figaro

هـ- دمشق Damascus.

و- أرابل

ز- سيرانو: متوسط التبكير ثماره لونها أخضر فاتح، وناعمة الملمس. يعقد بكريًا.

ثانيًا الأصناف طويلة الثمار

من أهم أصناف الخيار الطويلة الثمار — وجميعها من الهجن — ما يلى:

١- بيبنكس Pepinex:

نموه الخضرى قوى يبلغ متوسط طول الثمرة ٣٠-٣٥ سم، وهى ذات تضليع خفيف. ومسحوبة قليلا عند العنق يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر.

٢- داليف Daleva

نموه الخضرى قوى يبلغ متوسط طول الثمرة ٣٠-٣٥ سم. وهى أقل تضليعًا، وأقل أنسحابًا عند العنق من الصنف بيبنكس، يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر.

٣- فيتوميل Vetomile:

نموه الخضرى قوى تشبه ثماره — إلى حد كبير — ثمار الصنف بيبنكس.

٤- أصناف أخرى، منها ما يلى

أ- باندكس Pandex

ب- ساندرا.

جـ- توسكا ٧٠

د- روكت

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة والضوء ونوعيته

يعد الخيار من محاصيل الخضر التي يلزمها جو دافئ لإنبات البذور ونمو النباتات تنبت البذور في خلال ٣-٤ أيام في درجة الحرارة المناسبة، وهي ٢٥-٣٠°م، بينما يستغرق إنبات البذور ١٣ يوما في حرارة ١٥ م ولا يحدث إنبات في درجات الحرارة الأقل من ذلك أما أفضل درجة حرارة للنمو النباتي فتبلغ ١٨-٢٠°م ليلاً و ٢١-٢٤°م نهارًا

وينخفض معدل نمو نباتات الخيار بانخفاض درجة الحرارة ويؤدى تعرض الجذور لحرارة ثابتة مقدارها ١٢°م إلى التأثير على تركيب المواد الدهنية فيها، وهي التي تدخل في تركيب الأغشية الخلوية

وقد وجد Bulder وآخرون (١٩٩١) أن استعمال *Sicyos angluatus* كأصل للخيار كان أفضل من استعمال *Cucurbita ficifolia* في جعل نباتات الخيار أكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة، وهي حرارة هواء ١٢°م ليلاً و ٢٠°م نهارًا، وحرارة جذور ١٢°م ليلا ونهارًا

ويتأثر نمو نباتات الخيار بدرجة الحرارة والضوء على النحو التالي:

١- يأخذ نمو الورقة الواحدة شكل منحنى النمو الزيجمويد S curve، ولكنه يتأثر بشدة الإضاءة

٢- يكون معدل استطالة الساق أكبر في فترة إضاءة طولها ٨ ساعات يوميًا عما في إضاءة مدتها ١٦ ساعة وتنتج النباتات عددًا أكبر من العقد والأوراق في فترة الإضاءة القصيرة عما في الإضاءة الطويلة، ولكن النمو الجذرى والمساحة الورقية الكلية يكونان أقل من فترة الإضاءة القصيرة مما في الفترة الطويلة.

٣- عند ارتفاع مستوى النيتروجين فإن الطول الكلي لساق النبات قد يزيد في النهار الطويل عما في النهار القصير

٤- عند انخفاض مستوى النيتروجين فإن محتوى النباتات من المواد الكربوهيدراتية

فى مرحلة تفتح الأزهار يكون على فى الفترة الضوئية الطويلة عما فى الفترة القصيرة، بينما يحدث العكس عند نضج الثمار

٥- توجد علاقة طردية خطية بين درجة الحرارة فى المدى الناسب للنمو (بين ٢٠ و ٣٠°م) وبين كل من معدل استطالة الساق ومعدل نمو المساحة الورقية، ولكن تأخذ العلاقة بين درجة الحرارة والوزن الجاف للنبات شكل المنحنى الزيجمويد فى مدى حرارى يتراوح بين ١٧ و ٢٤°م

٦- عند ارتفاع درجة الحرارة عن المستوى المثالى ينخفض معدل نمو الأوراق فى النباتات الصغيرة. يتوجه الغذاء المصنع تحت هذه الظروف إلى السيقان.

٧- عند انخفاض درجة الحرارة عن المستوى المثالى لا يرتبط معدل النمو النسبى للورقة بدرجة الحرارة. ويعتمد — حينئذٍ — على شدة الإضاءة.

٨- يزيد معدل استطالة السيقان على المستوى العادى حينما ترتفع حرارة الليل عن حرارة النهار

٩- يقل معدل تكوين البراعم القمية فى الحرارة المنخفضة (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧)

١٠- يفضل للنمو الجيد لنبات الخيار أن تكون حرارة النهار أعلى بمقدار ٤-٦°م عن حرارة الليل

١١- يؤدى انخفاض حرارة وسط نمو الجذور إلى ١٦°م أو أقل من ذلك إلى موت الجذور وضعف النمو الخضرى. ويكون ذلك مصاحبًا بانخفاض فى معدل تنفس الجذور.

١٢- تتوفر اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف وسلالات الخيار فى قدرة النباتات على النمو والعقد الجيد للثمار فى الحرارة المنخفضة. وقد أنتجت أصناف من خيار الصوبات قادرة على النمو والعقد الجيدين فى حرارة ٢٠°م نهارًا، و ١٥°م ليلاً

١٣- يؤدى ارتفاع درجة الحرارة عن المدى المناسب (وهو ١٨-٢٤°م) إلى زيادة

سرعة استطالة السيقان، والتبكير في الحصاد، ولكن مع نقص فترة الحصاد ونقص المحصول الكلي (عن Wien ١٩٩٧)

١٤- وقد وجد Lee وآخرون (١٩٩٧) أن رفع درجة حرارة التربة (بإمرار ماء ساخن على حرارة ٤٥°م في أنابيب تحت سطح التربة بنحو ٢٥ سم) كانت له تأثيرات إيجابية على النمو النباتي ومحصول الثمار، وحصل الباحثون على أفضل النتائج عندما رفعت حرارة التربة من ١٥.٧°م في الكنترول إلى ٢٢.٥°م في مرحلة الإنبات وبزوغ البادرات، ثم خُفِّضت إلى ٢٠°م ابتداء من اليوم العاشر في نهاية الشهر الأول بعد الزراعة. ثم إلى ١٨°م خلال الشهر الثاني من الزراعة

ويستفاد من دراسات Lin & Jolliffe (١٩٩٦) على العلاقة بين شدة ونوعية الإضاءة التي تتعرض لها ثمار الخيار، ولونها وقدرتها على التخزين، ما يلي:

١- عندما غُطِّيت الثمار المفردة — صيفًا — بمرشحات لخفض شدة الإضاءة التي تصل إلى سطح الثمرة، وجدت علاقة إيجابية بين شدة الإضاءة وقدرة الثمار على التخزين. فكان متوسط فترة الصلاحية للتخزين ثماني، وخمسة أيام، ويومًا واحدًا عندما تلقت الثمار ١٠٠٪، و ٦٦٪، و ٣١٪ من الإضاءة الطبيعية، على التوالي.

٢- عندما غُطِّيت الثمار بمرشحات تسمح للضوء الأحمر — فقط — بالنفاذ كانت الثمار أكثر اخضرارًا عما كان عليه الحال عندما غُطِّيت الثمار بمرشحات تسمح — فقط — بنفاذ الأشعة الحمراء

٣- في الخريف .. كانت الثمار التي تلقت ضوءًا أحمر من لمبات فلورسنتية أكثر اخضرارًا وأكثر قدرة على التخزين عن تلك التي تلقت أشعة تحت حمراء من لمبات التنجستين.

٤- في الشتاء .. تساوت الأشعة الحمراء وتحت الحمراء التي انبعثت من اللمبات الصودية ذات الضغط العالي في شدة اخضرار الثمار، وفي قدرتها على التخزين.

٥- في الربيع .. كانت الثمار التي تعرضت للضوء الأحمر أكثر قدرة على التخزين عن تلك التي تعرضت للأشعة تحت الحمراء، على الرغم من تساوي ثمار المعاملتين في شدة اخضرارها

الرطوبة النسبية

وجد Bakker وآخرون (١٩٨٧) أن النمو الخضرى للخيار تحسّن بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا وبينما لم يتأثر المحصول المبكر بالرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا، فإن المحصول الكلى كان مرتبطا ارتباطًا سلبيًا معنويًا بالنقص فى ضغط بخار الماء خلال النهار. كما انخفضت نوعية الثمار — عندما اتخذ اللون كدليل على النوعية — بارتفاع متوسط الرطوبة النسبية على مدى الأربع والعشرين ساعة كما أحدثت زيادة الرطوبة النسبية — على مدى الأربع والعشرين ساعة — نقصًا مماثلا فى محتوى الأوراق من الكالسيوم وقد توصل الباحثون إلى أن الحصول على أعلى محصول من الخيار مع أفضل نوعية للثمار يتطلب رفع الرطوبة النسبية نهارًا مع تجنب الرطوبة الشديدة الارتفاع ليلاً.

كما وجد Bakker & Sonneveld (١٩٨٨) أن أعراض نقص الكالسيوم فى أوراق الخيار ارتبطت ارتباطًا إيجابيًا عاليًا بمتوسط الرطوبة النسبية على مدى الأربع والعشرين ساعة. وازداد تأثير الرطوبة النسبية العالية — على ظهور أعراض نقص الكالسيوم — بزيادة درجة التوصيل الكهربائى (EC) لبيئة الزراعة عن ٢٠ مللى موز/سم، وبانخفاض مستوى الكالسيوم فيها. وقد تطلب التغلب على ظهور أعراض نقص الكالسيوم — فى الرطوبة النسبية العالية — أن يشكل أيون الكالسيوم ٤٠٪ – على الأقل — من جميع الكاتيونات فى بيئة الزراعة

وقد أدت الرطوبة النسبية العالية ليلاً إلى خفض الوزن الجاف لأوراق الخيار فى مزارع الصوف الصخرى، وأحدثت خفضًا أكبر فى محتوى الأوراق من الكالسيوم عما أحدثته زيادة الرطوبة النسبية أثناء النهار. كذلك انخفض تراكم المادة الجافة وامتصاص الكالسيوم فى نباتات الخيار بزيادة ملوحة المحلول المغذى، بينما ازداد الوزن الجاف ومحتوى الثمار من الكالسيوم فى تلك الظروف (Adams ١٩٩٤).

مواعيد الزراعة

بالنسبة للبيوت المبردة (فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا. المعتدلة شتاءً) فإنه

يمكن زراعة الخيار فى أى وقت من السنة، مادام فى الإمكان الاحتفاظ بدرجة الحرارة فى المجال الحرارى الملائم للنباتات، لكن يفضل أن تكون الزراعة خلال الفترة من أبريل إلى يوليو، حتى يتسنى الإنتاج خلال فترة ارتفاع درجة الحرارة من منتصف مايو إلى منتصف أكتوبر، حيث يستحيل إنتاج الخيار فى الزراعات المكشوفة فى تلك المناطق.

أما فى مصر — حيث لا يشيع استخدام البيوت المبردة — فإن زراعة الخيار تكون فى عروتين على النحو التالى (عن مشروع الزراعة المحمية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٩):

١- عروة خريفية

يمكن أن تزرع فيها البذور فى ثلاثة مواعيد على النحو التالى:

أ- زراعة مبكرة: تزرع البذور خلال النصف الأول من شهر سبتمبر، ويجرى الشتل بعد نحو أسبوعين، ويبدأ الحصاد من منتصف أكتوبر ويستمر إلى أواخر شهر يناير. ومن بين أصناف هذه العروة صف ٥١، وكسبان.

ب- زراعة متوسطة: تزرع البذور فى منتصف سبتمبر، ويجرى الشتل فى أوائل أكتوبر. ويبدأ الحصاد من أوائل نوفمبر ويستمر إلى منتصف شهر فبراير.

جـ- زراعة متأخرة: تقتصر الزراعة فيها على الأصناف التى تتحمل الحرارة المنخفضة والمقاومة لمرض البياض الزغبى. تزرع البذور خلال النصف الأول من أكتوبر، ويجرى الشتل بعد نحو ١٧-٢١ يوما، ويبدأ الحصاد من أوائل ديسمبر ويستمر إلى نهاية أبريل. ومن بين أصناف هذه العروة: إسنا، ونايس، وبيتوستار، وشروق.

٢- عروة ربيعية

يمكن أن تزرع فيها البذور فى موعدين، كما يلى:

أ- زراعة مبكرة: تزرع البذور فى أوائل يناير، ويجرى الشتل فى أوائل فبراير، ويبدأ الحصاد فى أواخر فبراير ويستمر إلى أوائل أبريل. ويمكن أن تزرع هذه العروة عقب الزراعة الخريفية المبكرة لأى من محصولى الخيار أو القاوون.

ب - زراعة متأخرة تزرع البذور في النصف الثاني من يناير، ويجرى الشتل بعد نحو ٣-٤ أسابيع. ويبدأ الحصاد من منتصف مارس ويستمر إلى أوائل شهر يونيو ويفضل في هذه الزراعة استعمال الأصناف التي تزرع في الحقول المكشوفة — والتي تنخفض أسعار بذورها — وذلك نظرًا لانخفاض أسعار المحصول خلال معظم فترة الحصاد في هذه العروة وفي بين أصناف هذه العروة صفا ٦٢، و صفا ٥١، وباسندرا

وتجب مراعاة توزيع الصوبات المخصصة للخيار على مختلف العروات لتأمين توزيع المحصول والدخل على امتداد موسم الحصاد من منتصف أكتوبر إلى أوائل شهر يونيو. ولكن مع التركيز على العروات التي تعطي جل إنتاجها خلال شهور الشتاء الباردة من أوائل ديسمبر إلى أواخر فبراير، والتي ترتفع خلالها أسعار الخيار كثيرًا

وبالمقارنة فإن الخيار يزرع تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة من أوائل ديسمبر حتى أواخر يناير

ومن بين هجن الخيار التي تزرع في الأنفاق المنخفضة إشراق، وبرنس، ومدينة، وديب

الزراعة

الزراعة الأرضية

تزرع البذور في مكانها الدائم مباشرة في البيت في الجو الدافئ، لكن يفضل إنتاج الشتلات في أوعية نمو النباتات ويعد ذلك إجراء ضروريًا في الجو المائل للبرودة هذا ويلزم نحو ٢٤٠٠-٣٠٠٠ بذرة لإنتاج شتلات تكفي لزراعة ١٠٠٠ متر مربع، أي حوالي ١٣٠٠-١٦٠٠ بذرة لكل صوبة مساحتها ٥٤٠ مترًا مربعًا

يكون إنتاج الشتلات، وقمة المصاطب، واستعمال الغطاء البلاستيكي للتربة، والشتل. واستعمال الأسمدة البادئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التي أسلفنا بيانها تحت الطماطم في الفصل التاسع

وفى حالة الزراعة بالشتلات فإن البذور تزرع فى بيئة زراعة مناسبة فى الشتالات، وقد تزرع فى مكعبات من الصوف الصخرى. وذلك بمعدل بذرة واحدة فى كل حفرة أو عين ويجرى الشتل عندما تصبح الشتلات كبيرة بما يكفى لتداولها دون الإضرار بها وهى تكون جاهزة للشتل — عادة — بعد نحو ٢-٣ أسابيع من الزراعة فى الظروف المثلى.

يُشْتل خطّان من نباتات الخيار — بينهما ٥٠ سم — فى كل مصطبة، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما وتكون المسافة بين النباتات - فى الخط الواحد — ٥٠ سم فى العروة الخريفية. تنقص إلى ٤٠ سم فى العروة الربيعية ويراعى بأن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رِجْل غراب)

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبة مساحتها ٥٤٠م^{2} يكون فيها ١٢٠٠—١٥٠٠ نبات بكثافة تتراوح بين ٢,٣ نباتًا و ٢,٨ نباتًا/م^{2}.

ولم يجد El-Aidy (١٩٩١) فروقًا معنوية فى محصول الخيار بين كثافات زراعة ٢٠، و ٢٥، و ٣٣ نباتا/م^{2}

هذا إلا أن Kasrawi (١٩٨٩) أوصى بزراعة أصناف الخيار الأنثوية من طراز بيت الفا بكثافة قدرها ٥,٤ نباتًا/م^{2}. وذلك بزراعتها فى خطوط مزدوجة (على مصاطب يبلغ ارتفاعها ٢٠ سم وعرضها ٧٨ سم. مع مسافة ١٤٢ سم من مركز المصطبة إلى مركز المصطبة التالية). تبلغ المسافة بين خطَّى كل زوج منها ٤٠ سم، مع زراعة النباتات على مسافة ٢٦,٧ سم من بعضها البعض فى الخط الواحد. وكان الباحث قد قارن كثافات زراعة ٢,٤، و ٣,٦، و ٤,٨، و ٥,٤ نباتًا/م^{2} بنظم زراعة مختلفة، ووجد أن المحصول ازداد بزيادة كثافة الزراعة.

الزراعة باستعمال الشتلات المطعومة

سبقت مناقشة موضوع الزراعة باستعمال الشتلات المطعومة فى الفصل السابع. ويعتبر

الخيار أحد أهم محاصيل الخضر التى تستجيب للزراعة بالشتلات المطعومة، حيث يستعمل غالبا الأصلان *Cucurbita ficifolia*، و *Sicyos angularis*.

وللتحضير لعملية التطعيم يتم أولا كمر بذور الأصل لمدة ٢٤ ساعة فى خيش مبلل بالماء، حيث يؤدى تشربها بالماء إلى إنباتها فى الوقت نفسه مع بذور الخيار عند زراعتهما معًا. ويرجع ذلك إلى أن قصرة بذور الأصول أكثر صلابة وأقل نفاذية للماء من قصرة بذرة الخيار.

تزرع البذور مفردة فى شتالات ذات عيون كبيرة نسبيًا (مثل شتالات الاستيروفوم التى تحتوى على ٨٤ عينا بكلٍ منها). وبعد حوالى ١١-١٤ يومًا من زراعة البذور تجرى عملية التطعيم، حيث تقلع بادرة الأصل بعناية من الشتّالة، ثم يشق ساقها — وهى فى وضع أفقى - من تحت الورقتين الفلقيتين نزولاً إلى أسفل باستعمال شفرة حلاقة حادة، إلى أن يصل الشق إلى مركز الساق. يلى ذلك تقليع بادرة الخيار وشق ساقها من أسفل الورقتين الفلقيتين — كذلك — ولكن صعودًا إلى أعلى — ويكون مستوى بداية الشق منخفضًا بنحو سنتيمتر واحد إلى سنتيمترين مقارنة بالمستوى فى الأصل (يلاحظ أن الشق يكون فى السويقة الجنينية السفلى hypocotyl فى كل من الأصل والطعم). يلى ذلك وضع شفتى القطع فى البادرتين، كل منهما فى تجويف الأخرى، ثم تثبتان معًا بشريط خاص أو بالرافيا.

تشتل النباتات المطعومة بعد ذلك فى أصص صغيرة، وتترك فى مكان رطب (٨٠٪-٩٠٪ رطوبة نسبية) ومظلل (٣٠٪-٥٠٪ تظليلاً). ويستعمل لأجل ذلك غطاء من البوليثيلين وشباك تظليل. لكن مع مراعاة عدم ارتفاع الحرارة عن ٣٥°م.

وبعد نحو أربعة أيام من عملية الشتل يرفع الغطاء البلاستيكى لعدة ساعات يوميًا، ولكن مع بقاء شبكة التظليل فى مكانها. وفى اليوم التالى — أى بعد نحو ثلاثة أسابيع من زراعة البذور — تقطع القمة النامية للأصل، ويجرى الشتل فى المكان المستديم بعد ذلك بأيام قليلة. وبعد أيام أخرى قليلة (أى بعد حوالى أربعة أسابيع من زراعة البذور)

يتم قطع ساق نبات الخيار أسفل مكان التطعيم، وتربى على الخيط (عن مجلة الصوب الزراعة — وزارة الزراعة — أكتوبر ١٩٩١)

ويذكر Zijlstra وآخرون (١٩٩٣) وجود اختلافات وراثية بين سلالات الأصل الواحد، تؤثر على النمو الخضرى لنباتات الخيار وعلى كمية المحصول.

وتعد المقاومة لأمراض الجذور والحزم الوعائية، وتحمل الحرارة المنخفضة أهم فائدتين لاستعمال الشتلات المطعومة فى الخيار. وقد لخص Kanahama (١٩٩٤) دور الحرارة المنخفضة فى التأثير على التركيب الكيميائى للجذور فى كل من الخيار وأصوله التى تتحمل انخفاض درجة الحرارة

وقد قيم Kim وآخرون (١٩٩٧) مدى صلاحية ١٥١ أصلا من العائلة القرعية للخيار، ووجدوا ما يلى:

١- كان نمو الخيار أكثر قوة عند تطعيمه على *C. maxima*، بينما كان نموه ضعيفا على *C. pepo*.

٢- كان تحمل الخيار للحرارة العالية أعلى عند تطعيمه على *C. moschata* عما لو طعم على *C. maxima* أو *C. pepo*.

٣- كانت أكثر الأصول صلاحية للاستعمال فى الحرارة المنخفضة، هى: تسعة أصناف من *C. moschata*، وصنفان من *C. maxima*، وخمسة أصناف من *C. pepo*، والصنف Heukjong من *C. ficifolia*، والصنف Andongdaemok من *Sicyos angulatus*.

٤- توفرت المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور بدرجة عالية فى كل من الصنفين Seoul Madi B، و Andongdaemok.

٥- كان ١٩ صنفًا — منها الصنف Choseun من *C. moschata*، والصنف HA Sintojwa من *C. maxima*، والصنف Vegetable Spaghetti من *C. pepo* — كانت جميعها مقاومة لكل من الفطريات *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*، و *F. o.* f. sp. *niveum*، و *F. o.* f. sp. *melonis*.

وقد انتخبت مجموعه من الأصناف التي كانت مبشرة لاستعمالها كأصول، منها Taeyang، و Kangryeog، و Strong Ilhwı، و Vegetable Spaghettı، وقد تميزت جميعها بتحملها للحرارة المنخفضة، ومقاومتها للذبول الفيوزارى، بينما انتخب الصنف Seol Madı B لمقاومته لنيماتودا تعقد الجذور

وفي دراسة أخرى وجد Yu وآخرون (١٩٩٨) أن سبعة أصناف من الخيار كانت اقوى نموا وأكثر تحملا للبروده عندما كانت مطعومة على أصول من الجورد *Cucurbita ficifolia*، مقارنة بالتطعيم على الهجين النوعى سنتوزوا Sıntozwa (وهو *C maxima* x *C moschata*)، بينما كان نمو الأصناف وتحملها للبرودة أقل عندما زرعت بدون تطعيم مما في حالة تطعيمها على أى من الأصلين.

الري

تلزم لعناية جيداً بعملية الرى، إلا أن الإكثار من الرطوبة الأرضية من شأنه إضعاف النباتات وزيادة قبليتها للإصابة بالأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ومن خلال قاعدة الساق كما أن ابتلال الطبقة السطحية للتربة لفترات طويلة يؤدى إلى زيادة التبحر السطحى، ومن ثم زيادة الرطوبة النسبية، وهو ما يؤدى إلى زيادة الإصابة بامراض لنموات الهوائية كذلك، ولذا يجب الرى حسب حاجة النباتات، الأمر الذى يتطلب لإقلال من الرى خلال موسمى الخريف والشتاء، وزيادته فى الجو الدافئ

ويلزم كل نبات فى الأراضى الصحراوية حوالى لتر واحد من الماء يوميًا فى بداية حياته، تزداد — تدريجيًا — إلى أن تصل إلى نحو ٢,٥ لتر يوميًا ابتداءً من منتصف الشهر الثانى من الشتل، وبذا .. تعطى كل صوبة مساحتها ٥٤٠م² حوالى ١.٢–١.٦م³ من الماء يوميًا فى بداية حياة النبات، تزداد تدريجيًا، لتصل إلى نحو ١.٦–٤م³ فى منتصف الشهر الثانى من النمو وتعطى هذه الكمية مناصفة على ريتين يوميًا وتتوقف لكمية الفعلية التى تعطى من مياه الرى — فى كل مرحلة من مراحل النمو — على كثافة الزراعة، ودرجة الحرارة السائدة

وإذا لوحظت أعراض زيادة الرطوبة الأرضية (كأن يبقى سطح التربة رطبًا لفترة طويلة) لزم خفض كمية مياه الرى بنسبة ٢٥٪–٥٠٪، أو وقف الرى كلية لمدة يوم أو يومين، أو إلى حين زوال هذه الأعراض ولا تجب زيادة كمية مياه الرى عن تلك الموصى بها إلا إذا ظهر ارتخاء على أوراق النباتات فى الأوقات التى تكون فيها الحرارة معتدلة أما الارتخاء الذى يظهر على الأوراق بعد الظهيرة فإنه أمر طبيعى لا يستوجب زيادة معدلات الرى

وبالنسبة للرى فى الأراضى الطميية والثقيلة فإنه يجب خفض كميات مياه الرى التى تعطاها النباتات إلى نحو ٥٠٪ من تلك الموصى بها فى الأراضى الرملية، ويكون الرى فيها على فترات أطول مما تكون عليه الحال فى الأراضى الرملية، وليس يوميًا

يؤثر الملوحة الزائدة فى مياه الرى تأثيرًا سلبيًّا على الخيار، فقد أدت زيادة الملوحة فى مياه الرى عن ١٫٣ مللى موز/سم (حوالى ٨٣٠ جزءا فى المليون) إلى تأخير الإنبات، ولكن لم تنخفض نسبة الإنبات النهائية حتى مع زيادة تركيز الأملاح إلى ١٦٫٢ مللى موز/سم (حوالى ١٠٣٧٠ جزءًا فى المليون). وانخفض معدل نمو الجذور بزيادة تركيز الأملاح، كما قل معدل النمو النباتى بزيادة تركيز الأملاح عن ١٫٣ مللى موز/سم. ووصل النقص إلى ٢٠٪. و ٥٤٪. و ٨٥٪ عندما بلغ تركيز الأملاح فى مياه الرى ٢٫٧. و ٥٫٠. و ١٠٫٧ مللى موز/سم. على التوالى وازداد تركيز الكلور عن الصوديوم فى جميع الأجزاء النباتية — بزيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم فى مياه الرى. وظهرت أعراض أضرار الملوحة بوضوح عندما ازداد تركيز الكلور عن ٠٫٤٪، والصوديوم عن ٣٫٦٪ على أساس الوزن الجاف وتبين من هذه الدراسة — التى أجريت على صنف الخيار بيبنكس Pepinex — أن المحصول ينخفض بنسبة ١٥٫٩٪ مع كل زيادة قدرها وحدة EC (١ مللى موز/سم، أو ٦٤٠ جزءًا فى المليون) فى مياه الرى عن ١٫٣ مللى موز/سم، وكان مرد هذا الانخفاض إلى نقص عدد الثمار التى تم حصادها. بينما لم يكن التأثير على حجم الثمار كبيرًا وقد بدا واضحًا من الدراسة أن

هذا الصنف كان أكثر تحملا للملوحة أثناء الإنبات عما فى مراحل النمو التالية (Chartzoulakis ١٩٩١، و ١٩٩٢)

وقد أوضح Chartzoulakis (١٩٩٤) فى دراسة لاحقة على صنف الخيار ذاته — بيبنكس — أن الرى بمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بتركيز ٨,٥ مللى مولار لم يؤثر على النمو النباتى، ولكن تعريض النباتات إلى درجات أعلى من الملوحة (من ٢٥ إلى ١٩٠ مللى مولار) أدت إلى غلق الثغور وخفض معدل البناء الضوئى بصورة جوهرية، مع تناقص فى الجهد المائى للأوراق، والجهد الإسموزى، وجهد الانتفاخ بتزايد تركيز الملوحة كذلك نقص معدل زيادة مساحة الورقة ومساحتها النهائية مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم. وانخفض معدل النمو النسبى بمقدار ٢٢٪، و ٤٩٪ و ٨٠٪ عند مستوى ملوحة ٢٥، و ٥٠، و ١٢٠ مللى مولار على التوالى. أى أن الملوحة أثرت على نمو الخيار من خلال تأثيرها السلبى على كل من معدل البناء الضوئى والمساحة الورقية التى يتم فيها البناء الضوئى

التسميد

وجد أن معدل امتصاص الخيار لكل من الفوسفور والبوتاسيوم نسبة إلى معدل امتصاصه للنيتروجين ظلت ثابتة طوال موسم النمو، بما يعنى إمكان حساب امتصاص نباتات الخيار لعنصرى الفوسفور والبوتاسيوم من معدل امتصاصه للنيتروجين (Schacht & Schenk ١٩٩٥)

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

تتباين تقديرات محتوى أوراق الخيار من النيتروجين التى تلزم للنمو الجيد، حيث قدر المحتوى — على أساس الوزن الجاف — بنحو ٦,٧٪ فى أصغر الأوراق، وبنحو ٥,٥٪–٦,٠٪ فى أصغر الأوراق المكتملة التكوين. ويوجد شبه اتفاق على أن يكون مقياس كفاية النبات من النيتروجين هو احتواء الورقة الثالثة الظاهرة من قمة النبات على ٦٪ نيتروجين، إلا أن مستوى النيتروجين يتباين فى الأوراق الصغيرة بين ٥٪، و ٧٪، وفى

الأوراق المسنة بين ٢,٥٪، و ٣,٥٪ وبالمقارنة فإن مستوى النيتروجين فى النباتات التى تعانى من نقص العنصر يكون أقل من ٣٪ فى الأوراق الصغيرة، وأقل من ٢٪ فى الأوراق المسنة. إلا أن هذه التقديرات تتباين بنحو ±٠,٥٪ باختلاف الباحثين.

ويلزم للنمو الجيد ألا يقل محتوى الأوراق الصغيرة المكتملة التكوين من النترات عن ٠,٥٪ على أساس الوزن الجاف (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

وترتبط نتائج تقدير النيتروجين والبوتاسيوم فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق جوهريًا مع محتوى الأوراق من هذين العنصرين فى جميع مراحل النمو لنباتى (Hochmuth ١٩٩٤)؛ علمًا بأن عملية تقدير العنصرين فى أعناق الأوراق تجرى فى موقع الزراعة، ولا تتطلب سوى دقائق معدودات باستعمال عُدّة Kit خاصة. وقد وجد Schacht & Schenk (١٩٩٤) أن تقدير النيتروجين النتراتي فى العصير الخلوى لعنق الورقة الخامسة من قمة النبات كان مناسبًا لمتابعة حالة النيتروجين فى النبات، علمًا بأن تركيز النيتروجين لم يتأثر بوقت أخذ العينة، كما لم يرتبط تركيز الأحماض الأمينية فى العصير الخلوى لعنق الورقة بمستوى التسميد الآزوتي

وعند الاعتماد على اختبار النترات فى أعناق الأوراق petiole sap test فإن مستوى النترات يجب أن يكون حوالى ٨٠٠-١٠٠٠ جزء من المليون عند بداية الإزهار، و ٦٠٠-٨٠٠ جزء من المليون فى بداية مرحلة الإثمار، وحوالى ٤٠٠-٦٠٠ جزء من المليون عند بداية الحصاد (Hartz & Hochmuth ١٩٩٦).

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

أولاً: العناصر المتحركة فى النبات

كما أسلفنا بيانه تحت الطماطم . فإن العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى – عند بلوغها مرحلة الشيخوخة، أو عند تعرض النبات لنقص فى العنصر – إلى الأوراق العليا التى تكون مازالت نشطة فسيولوجيًا؛ لذا .. فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية، ثم تتقدم تدريجيًا

نحو الأوراق العليا، ولكنها نادرا ما تظهر على أحدث الأوراق التي تكون في قمة النبات

وتضم العناصر المتحركة ما يلي:

١- النيتروجين

في حالات نقص العنصر يكون النمو متقزما، وتكتسب الأوراق السفلى لونا أخضر مصفرا وفي حالات النقص الشديدة تكون معظم أوراق النبات ذات لون أخضر شاحب، ويتوقف نمو الأوراق الحديثة وتكون الثمار قصيرة، وسميكة، وذات لون أخضر باهت، وشوكية

٢- الفوسفور

في حالات نقص العنصر يتقزم النمو، وعندما يكون النقص شديدًا تكون الأوراق الحديثة صغيرة، ومتصلبة، وتكتسب لونًا أخضر قاتمًا، وتظهر على الفلقتين بقع كبيرة مائية المظهر تشمل العروق والمساحات التي بين العروق. وفيما بعد .. تذوى الأوراق المتأثرة، وتكتسب البقع لونا بنيًّا وتجف الأوراق وتنكمش

٣- البوتاسيوم

عند نقص العنصر تكتسب حواف الأوراق لونا أخضر مصفرا، ثم تتحول الحواف إلى اللون البني وتجف يكون النمو في النباتات المعرضة لنقص العنصر متقزمًا، والسلاميات قصيرة، والأوراق صغيرة وفي المراحل المتأخرة يظهر اصفرار بين العروق وعند الحواف في الورقة، ينتشر تدريجيًّا نحو مركز الورقة، كما يتقدم الاصفرار من أسفل إلى أعلى في النبات، وتجف حواف الأوراق، وينتشر التحلل، ولكن تبقى العروق خضراء اللون.

٤- المغنيسيوم

في حالات نقص العنصر يظهر اصفرار بين العروق، يبدأ عند حواف الورقة، ثم ينتشر – تدريجيًا – نحو مركزها، كما تظهر عليها بقع متحللة، ولا تبقى العروق الصغيرة خضراء اللون وفي حالات النقص الشديد تنتشر الأعراض نحو الأوراق العليا الحديثة، ويظهر الاصفرار على النبات بأكمله، بينما تجف الأوراق الأولى وتموت

٥- الزنك

يعتبر الزنك من العناصر الصغرى المتحركة في النبات يصاحب نقص العنصر تبرقشات بين العروق على الأوراق السفلية، مع انتشار ظهور الأعراض تدريجيًا نحو الأوراق العليا دون أن يظهر عليها أي تحلل، وتتوقف قمة النبات عن النمو، مما يجعل الأوراق العليا تبدو متقاربة بشدة، معطية النبات مظهرًا شجيريًا

ثانيًا: العناصر غير المتحركة

تثبت هذه المجموعة من العناصر في الأنسجة التي تصل إليها. ولا تتحرك منها بعد ذلك، ولذا فإن المراحل الأولى للنمو النباتي تستنفذ – في حالات نقص العنصر – القليل الموجود منها في بيئة الزراعة، لتظهر أعراض نقص العنصر أولاً على الأوراق العليا من النبات

وتضم العناصر غير المتحركة مايلي:

١- الكالسيوم

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة في النبات، ويؤدي نقصه إلى ظهور بقع بيضاء عند حواف الأوراق الحديثة وبين العروق فيها، مع ظهور اصفرار على حواف هذه الأوراق ينتشر داخليًا تبقى أصغر الأوراق في القمة النامية للنبات صغيرة الحجم، وتلتف حوافها إلى أعلى. ثم تجف وتموت. كذلك تموت القمة النامية يكون النمو متقزمًا، والسلاميات قصيرة. خاصة بالقرب من القمة النامية، بينما تلتف حواف الأوراق الكبيرة نحو الداخل وفي النهاية يموت النبات من أعلى إلى أسفل

٢- الكبريت

الكبريت – كذلك – من العناصر الكبرى غير المتحركة في النبات تبقى الأوراق العلي صغيرة وتنثني إلى أسفل. وتصبح خضراء باهتة اللون أو صفراء، بينما تكون حوافها مسننة بوضوح يتوقف النمو، ويظهر على الأوراق السفلى اصفرار قليل للغاية

٣ الحديد

الحديد من العناصر الصغرى، ويؤدى نقصه إلى ظهور اصفرار بين العروق فى الأوراق الحديثة، بينما تظل العروق خضراء اللون لفترة، ثم ينتشر الاصفرار إلى العروق والورقة بكملها التى تكتسب لونا أصفر ليمونيًا. ويظهر بعض التحلل على حواف هذه الأوراق الحديثة المتأثرة تنتشر الأعراض تدريجيًا من أعلى إلى أسفل. ويكون النمو النباتى متقزمًا ورهيفًا وخيطيًا كذلك تكتسب الثمار والفروع الحديثة الجانبية لونًا أصفر ليمونيًا

٤- البورون

البورون من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف القمة النامية والأوراق الصغرى إلى أعلى، وموت البراعم الإبطية، مع التفاف الأوراق السفلى إلى أعلى، لتأخذ شكلا فنجانيًا، ويبدأ الالتفاف من عند الحواف، تكون هذه الأوراق متصلبة، ويظهر عليها تبرقشات فيما بين العروق ومع استمرار نقص العنصر تتوقف القمة النامية عن النمو. ويصبح النبات متقزما

٥- النحاس

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى بقاء الأوراق الحديثة صغيرة الحجم، وإلى تقزم النمو وقصر السلاميات واكتساب النباتات مظهرًا شجيريًا ويظهر على الأوراق السفلى اصفرار على صورة لطخات blotches فيما بين العروق. ومع تقدم الإصابة تكتسب الأوراق المتأثرة بنقص العنصر لونا أخضر شاحبًا إلى برونزى، وتتحلل، ثم تموت. وينتشر الاصفرار تدريجيًا من الأوراق العليا نحو الأوراق السفلى.

٦- المنجنيز

المنجنيز - كذلك — من العناصر الصغرى يؤدى نقص العنصر إلى ظهور تبرقشات صفراء بين العروق فى الأوراق العلوية وفى البداية تكون العروق الصغيرة خضراء اللون؛ معطية للورقة مظهرا شبكيًا ومع تقدم الأعراض ينتشر الاصفرار على كل مساحة الورقة عدا العروق الرئيسية، مع ظهور بقع متحللة غائرة بين العروق، ويكون النمو متقزمًا، بينما تكتسب الأوراق السفلية لونا شاحبا

٧- الموليبدنم:

الموليبدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكميات قليلة جدًا، ويؤدى نقصه إلى ظهور لون أخضر شاحب فى المساحات بين العروق فى الأوراق الكبيرة، ثم يتقدم الاصفرار. إلى أن يذوى نصل الورقة. وتتقدم الأعراض من الأوراق الكبيرة إلى أعلى النبات. مع بقاء الأوراق الحديثة خضراء اللون وتكون الأزهار صغيرة الحجم (عن Resh ١٩٨٥)

الارتباط بين صفات جودة الثمار ومحتواها من العناصر

وجدت مجموعة من الارتباطات بين بعض صفات جودة ثمار الخيار المنتجة فى الزراعات المحمية، وبين محتوى تلك الثمار من بعض العناصر، كما يلى:

١- ارتبطت صلابة الثمار إيجابيًا مع محتواها من الكالسيوم (r = ٠,٦٦).

٢- تأثر محتوى الثمار من حامضى الأسكوربيك والستريك بمحتواها من البوتاسيوم.

٣- ارتبط pH الثمار سلبيًا بمحتواها من الفوسفور (r = -٠,٥٤).

٤- ارتبطت شدة اللون الأخضر لجلد الثمار (a-) إيجابيًا بمحتواه من المغنيسيوم (r = ٠ ٥٨).

٥- انخفضت المسحة الأساسية (أو الخلفية) للون الثمار (H) بزيادة محتواها من البوتاسيوم

٦- ازداد متوسط محتوى الثمار من النترات بمقدار ٢,٥ مرة عن الحد الأقصى الذى تقره منظمة الصحة العالمية (Aghili وآخرون ٢٠٠٩).

برنامج التسميد فى الزراعات الأرضية

يتشابه الخيار مع الطماطم فى كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد؛ مثل: التسميد السابق للزراعة. وأنواع الأسمدة المستعملة، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد؛ وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور العامة المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع.

يجب أن يوجه برنامج التسميد نحو دفع النبتات إلى تكوين أكبر قدر من النمو الخضرى القوى قبل أن تبدأ فى الإزهار، حتى يمكنها تكوين أكبر عدد من الثمار وإمدادها بالغذاء فى وقت واحد

ونقدم – فى هذا المقام – برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الخيار المحمية فى الأراضى الصحراوية، كما يلى:

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط. مع تخصيص يوم للتسميد (بجميع الأسمدة)، وتخصيص يوم آخر بدون تسميد. ثم تعاد الدورة وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية):

١– العروة الخريفية:

السماد	كمية السماد بالجرام/م³ من مياه الرى خلال شهور				
	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير
نترات النشادر	٥٠٠	٥٠٠	٦٥٠	—	—
يوريا	—	—	—	٦٠٠	٤٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٠٠	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥

١– العروة الربيعية:

السماد	كمية السماد بالجرام/م³ من مياه الرى خلال شهور				
	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو
نترات النشادر	—	—	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠
يوريا	٥٠٠	٦٥٠	—	—	—
حامض الفوسفوريك	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥
سلفات البوتاسيوم	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٧٠٠	٦٠٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥

وفي كلا العروتين تضاف لعناصر الصغرى رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد لعناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ونقدم – فيما يلي – برنامجًا آخر للتسميد التالي للشتل – في الأراضي الصحراوية – يعد وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها، وفيها يكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢) كما يلي:

تُعطى كل جورة (حفرة زراعة) – عند الشتل (بعد وضع الشتلة في الحفرة وقبل الترديم عليها) – حوالي ١٢٥ مل (سم٣) – أي ملء نصف كوب ماء – من سماد بادئ يحضر بإذابة سماد مركب (ورقي) – غني في محتواه من النيتروجين الأمونيومي والفوسفور – في الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد/١٠٠ لتر ماء).

وإذا أخذنا في الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الري بالتنقيط بعد الشتل فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون – أسبوعيًا – وعلى مدى حوالي ٣–٥ شهور من الشتل – حسب عروة الزراعة – على النحو التالي:

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثاني إلى الرابع	٣	٢,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
الخامس حتى السابع عشر(أ)	٤–١٨	١,٥	٠,٧٥	١,٧٥	٠,٥
الثامن عشر والتاسع عشر(ب)	٢	١,٠	٠,٥	١,٥	٠,٢٥
العشرون والحادي والعشرون(جـ)	٢	—	—	—	—

(أ) تختلف هذه الفترة من شهر واحد إلى ثلاثة شهور حسب عروة الزراعة؛ أي إنها تتراوح – تقريبًا – بين ٤ أسابيع و ١٨ أسبوعًا.

(ب) تمثل هذه الفترة الأسبوعين قبل الأسبوعين الأخيرين من موسم الزراعة (قد تكون – مثلاً – الأسبوعين العاشر والحادي عشر، أو الخامس عشر والسادس عشر، أو الثامن عشر والتاسع عشر، حسب العروة).

(جـ) تمثل هذه الفترة الأسبوعين الأخيرين أيًا كان رقمها (قد يكونان – مثلاً – الأسبوعين الثاني عشر والثالث عشر في العروات القصيرة).

وبذا فإن الكمية الكلية من العناصر التى تحصل عليها كل صوبة – قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات – تختلف حسب طول موسم النمو، كما يلى

طول موسم النمو (شهر)	N	P_2O_5	K_2O	MgO
	الكمية الإجمالية من العنصر السمادى (كجم)			
٣	٣٥	٢٤	٤٠	٥
٤	٤٢	٣٠	٤٧	٨
٥	٥٧	٣٤	٦٤	١٣

ويجب أن تُراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

التركيز الكلى لأملاح العناصر وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

فى دراسة عن تأثير تركيز المحلول المغذى على نمو نباتات الخيار، ومحصولها، ونوعية ثمارها (Chung وآخرون ١٩٩٤) استُعمل فيها ربع ونصف التركيز القياسى للأملاح المغذية فى المحلول، وتركيزها القياسى، وضعف تركيزها القياسى وجُدَ ما يلى

١– أحدث انخفاض التركيز نقصًا فى كل من طول النباتات، ومساحة الأوراق، والوزنين الطازج والجاف للأوراق والسيقان والجذور

٢- نقص كذلك دليل مساحة الورقة LAI، بينما ازدادت الكفاءة التمثيلية NAR، مع انخفاض تركيز العناصر المغذية

٣ حصل على أعلى محصول عندما استعمل المحلول المغذى القياسى.

٤ ظهرت أقل نسبة من الثمار المنحنية (١٧ ٪) عندما استعمل ضعف التركيز القياسى

ويبين جدولا (١٢-١)، و (١٢-٢) المحاليل المغذية القياسية للعناصر الكبرى التي تناسب الخيار في المزارع المائية خلال مراحل النمو الأولى وحتى بداية العقد، ثم بعد ذلك حتى نهاية المحصول. وكذلك تركيب محلول العنصر الدقيقة

جدول (١٢-١) المحاليل المغذية للخيار في المزارع المائية خلال مراحل النمو (Marr ١٩٩٤)

السماد وتركيبه الكيميائي وتحليله	من البادرة إلى بداية العقد		من بداية العقد إلى نهاية المحصول	
	جزء في المليون	جم سماد/١٠٠٠ لتر	جزء في المليون	جم سماد/١٠٠٠ لتر
سلفات المجنيز $MgSO_47H_2O$ (ملح إبسوم)	Mg ٥٠	٥٠٠	Mg ٥٠	٥٠٠
فوسفات أحادي البوتاسيوم KH_2PO_4 (صفر-٢٢,٥-٢٨,٠)	K ٧٧ P ٦٢	٢٧٠	K ٧٧ P ٦٢	٢٧٠
نترات البوتاسيوم KNO_3 (١٣ ٧٥-صفر-٣٦.٩)	K ٧٧ N ٢٨	٢٠٠	K ٧٧ N ٢٨	٢٠٠
نترات الكالسيوم $CaNO_3$ (١٥ ٥-صفر صفر)	N ١١٦ Ca ١٦٥	٦٨٠	N ٢٣٢ Ca ٣٣٠	١٣٥٧
حديد مخلبي Fe330	Fe ٢,٥	٢٥	Fe ٢,٥	٢٥
محلول عنصر صغرى		١٥٠ مل		١٥٠ مل

جدول ١٢-٢: كميات الأسمدة البسيطة التي تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذ يناسب الخيار – في المزارع المائية المفتوحة والمغلقة – خلال مراحل النمو (جم/١٠٠ لتر) (Hochmouth ٢٠٠١ب)

السماد	من البادرة حتى أول الثمار عقدًا (A)	من أول الثمار عقدًا حتى نهاية الموسم (B)
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٥٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٧	٢٧
نترات البوتاسيوم	٢٠	٢٠
نترات الكالسيوم	٦٨	١٣٦
حديد مخلبى (Fe 330)	٢,٥	٢,٥
محلول العنصر الدقيقة	١٥ مل	١٥ مل

يحتوى المحلول المغذى النهائى على ما يلى بالجزء فى المليون

١٣٣ نيتروجين فى المرحلة الأولى، و ٢٤٠ فى الثانية — ٦٢ فوسفور — ١٥٠ بوتاسيوم

١٣٠ كالسيوم فى المرحلة الأولى، و ٢٤٠ فى الثانية — ٥٠ مغنيسيوم — ٧٠ كبريت

٢.٥ حديد — ٠,٤٤ بورون — ٠,٠٥ نحاس

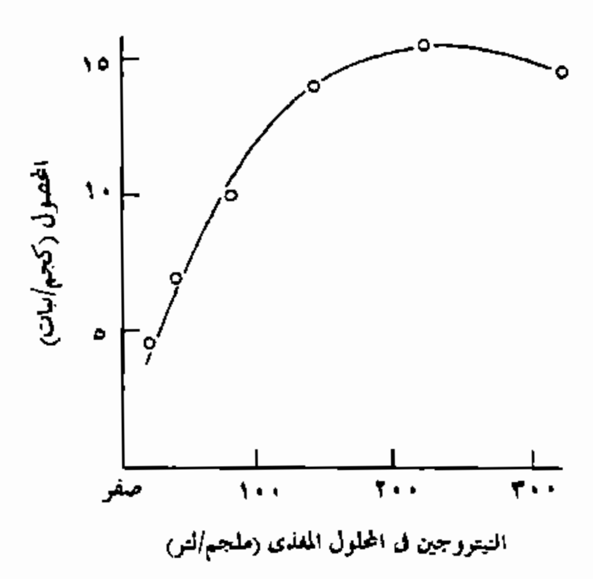
٠,٦٢ منجنيز — ٠,٠٩ زنك — ٠,٠٣ موليبدنم

النيتروجين ومصادره

وجد أن تركيز النيتروجين فى المحاليل المغذية الذى يعطى أعلى محصول من الخيار هو ٢٢٠ جزءا فى المليون (شكل ١٢-١). لذا يتعين المحافظة على هذا التركيز خلال جميع مراحل نمو النبات حتى الانتهاء من حصاد المحصول. وقد ازدادت نسبة الثمار الرديئة التكوين إلى أكثر من ٢٥٪ عندما كان تركيز النيتروجين ١٠٠ جزء فى المليون، بينما كانت ٤٠٪ من الثمار باهتة اللون عندما وصل تركيز النيتروجين إلى ٢٠–٤٠ جزءًا فى المليون

وعندما زرع الخيار فى محاليل مغذية تباينت فى محتواها من النيتروجين بين ١٠، و ٣٢٠ جزءًا فى المليون كان النمو الخضرى – فى بداية الأمر – شاحبًا فى أقل تركيز للنيتروجين. بينما كان اللون أخضر قاتمًا، مع ظهور احتراق فى حواف الأوراق فى أعلى تركيز للنيتروجين، إلا أن هذه الاختلافات اختفت تدريجيًا مع اطراد النمو وتوقف

امتصاص النباتات للنيتروجين – وكذلك البوتاسيوم – على شدة الإضاءة (جدول ١٢-٣)، ودرجة الحرارة، حيث ازدادت معدلات امتصاصها بزيادة مستوى أى من العاملين.



شكل (١٢-١): العلاقة بين تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى والمحصول فى الخيار

جدول (١٢-٣): تأثير شدة الإضاءة على امتصاص نباتات الخيار اليومى من الماء والنيتروجين، والبوتاسيوم.

شدة الإضاءة	امتصاص النبات من		
(ميجا جول MJ/م²/يوم)	الماء (لتر)	النيتروجين (مجم)	البوتاسيوم K (مجم)
٢,٣	٠,٥١	١٥٤	١٣٦
١٥,٥	١,٥٦	٢٥٧	٣٢٥
١٩,٢	٢,١٤	٢٦٠	٣٥٤

هذا .. وكان أفضل تركيز من النيتروجين لنمو بادرات الخيار فى المزارع اللاأرضية الهوائية aeroponics هو ٨,٦ مللى مكافئ/لتر. وكان النمو ضعيفًا عندما كان تركيز النيتروجين ٤,٣ مللى مكافئ/لتر، أو عندما استعمل النيتروجين فى الصورة الأمونيومية (Park & Chiang ١٩٩٧).

وقد وجدت اختلافات بين أصناف الخيار في استجابتها للتسميد النتراتي والأمونيومي، بسبب اختلافها في القدرة على تمثيل النيتروجين في الجذور، وفي الصورة سي ىسعى عليها النيتروجين من الجذور إلى النموات الخضرية (Zornoza وآخرون ١٩٩٠).

وعندما كانت نسبة النيتروجين النتراتي إلى النيتروجين الأمونيومي في المحاليل المغذية للخيار ٦٠ : ٤٠ ظهر نقص معنوي في محتوى النباتات من النيتروجين النتراتي، والفوسفور العضوي، والمنجنيز، وذلك مقارنة باستعمال نسبة ١٠٠ : صفر، أو ٨٠ : ٢٠، كذلك انخفض قليلا امتصاص كل من البوتاسيوم والكالسيوم عند استعمال نسبة ٦٠ : ٤٠ (Zornoza & Carpena ١٩٩٢).

قارن Lee وآخرون (١٩٩٣) تأثير استعمال نسب مختلفة من النترات إلى الأمونيوم (١٠٠ : صفر، و ٧٥ : ٢٥، و ٥٠ : ٥٠) في محلول هوجلاند المغذى – مع ثبات التركيز الكلي للنيتروجين في المحلول – على كل من نمو نباتات الخيار، ومحصولها، ونوعية ثمارها، ووجدوا ما يلي:

١ - كان طول النباتات، ومساحة أوراقها، ووزنها الطازج والجاف أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر، مقارنة بنسبة ٥٠ : ٥٠، ولكنها لم تختلف جوهريًا عنها عندما استعملت نسبة ٧٥ : ٢٥.

٢ - كان أعلى محتوى من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر.

٣- كان المحصول أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر أو ٧٥ : ٢٥ عما عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠، حيث بلغ المحصول ٤,٥، و ٣,٩٦، و ٢,٣ كجم من الثمار الصالحة للتسويق/نبات في المعاملات الثلاث، على التوالي.

٤- ظهرت أعلى نسبة من الثمار المنحنية عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠.

٥ - انخفض pH المحلول المغذى – تدريجيًا - عندما استعملت نسبة ٧٥ : ٢٥، أو ٥٠ : ٥٠، ولكن لم يحدث ذلك عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر.

وفي دراسة أخرى استعملت فيها محاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من النيتروجين النتراتي إلى النيتروجين الأمونيومي تراوحت بين ١٠٠٪ نتراتي : صفر ٪ أمونيومي، وصفر ٪ نتراتي : ١٠٠٪ أمونيومي كان النمو الخضري للخيار أقوى ما يمكن عند إضافة كل النيتروجين في الصورة النتراتية، ولكن إضافة ٢٥٪، أو ٥٠٪ من النيتروجين في صورة أمونيومية أدى إلى زيادة الإثمار، حيث تكونت أول زهرة مؤنثة عند عقد أقرب إلى قاعدة النبات، وازداد عدد الأزهار المؤنثة المتكونة، وازداد محصول النبات من الثمار جوهريًا عما لو أضيف كل النيتروجين في صورة نتراتية فقط أو أمونيومية فقط. كذلك أدت هذه المعاملة إلى زيادة محتوى الأوراق من كل من البوتاسيوم، والحديد، والزنك. مقارنة بمعاملة إضافة النيتروجين في صورة نتراتية بنسبة ١٠٠٪. وقد كانت النباتات الصغيرة أقل حساسية لاستعمال النيتروجين في صورة أمونيومية من النباتات الكبيرة (Shou وآخرون ١٩٩٥).

الكالسيوم

قارن Frost & Kretchman (١٩٨٩) تأثير خفض تركيز الكالسيوم في المحلول المغذى من ١٦٠ إلى ٨٠، و ٤٠ جزءًا في المليون على نوعية ثمار الخيار، ووجدا أن نمو نباتات الخيار في مستوى منخفض من الكالسيوم أدى إلى ظهور بقع مائية متحللة في بشرة الثمرة ونسيجها الخارجي عند طرفها الزهري. كما ظهرت جيوب هوائية عند طرف العنق في بعض الثمار. وكان ذلك مصاحبًا بتدهور في نسيج المشيمة في هذا الجزء من الثمرة. وقد انخفض تركيز الكالسيوم في الثمار، كما انخفض وزنها بانخفاض مستوى الكالسيوم في المحلول المغذى إلى ٤٠ جزءًا في المليون

العناصر الدقيقة

درس Adams وآخرون (١٩٨٩) تأثير عدم التسميد بالعناصر الدقيقة — كل على انفراد — على محصول الخيار في مزارع البيت موس، ووجدوا أن أكثر العناصر تأثيرًا كانت النحاس والبورون، اللذين أدى حجب أي منهما من المحلول المغذى إلى نقص

المحصول بنسبة تراوحت بين ٧٪ و ٩٥٪، وظهرت أعراض نقصهما بشدة عندما انخفض تركيزهما في البيت موس إلى ٢ ميكروجرامًا/جم بالنسبة للنحاس. وإلى ٧-١٦ ميكروجرامًا/جم بالنسبة للبورون. وبالمقارنة . أدى حجب الحديد إلى انخفاض المحصول بنسبة ١٨٪. بينما لم يؤثر حجب أى من المنجنيز، أو الزنك، أو الموليبدنم على محصول الخيار.

وقد أدى توفر النحاس فى المحاليل المغذية للخيار على صورة كلوريد النحاس بتركيز ١٠٠ ميكرومولار،إلى نقص امتصاص النباتات للأمونيوم بنحو ٦٠٪ فى خلال ساعة واحدة من إضافة النحاس. وبنحو ٩٠٪ بعد نحو ساعتين من إضافته، في الوقت الذى تراكم فيه النحاس فى جذور النباتات التى نمت فى وجود التركيز العالى من كلوريد النحاس بدرجة أكبر عما فى نباتات الكنترول (Burzyński & Buczek ١٩٩٧)

التركيز الكلى للأملاح وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) أن نمو ومحصول الخيار انخفضا جوهريًا بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية من ٤ إلى ١٦، و ٣٢، و ٦٤ مللى مولار/لتر. وكان التأثير السلبى للملح متزايدًا مع الزيادة في تركيزه كما وجد Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣) أن زيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى من ٢.٥ إلى ٤,٥، و ٦,٥، و ٨,٥ مللى موز/سم أحدثت نقصًا جوهريًا فى كل من الوزنين الطازج والجاف، ومحصول نباتات الخيار، وكذلك أحدثت نقصًا فى امتصاصها للماء، وكان ذلك مصاحبًا بنقص في معدل النتح،ودرجة توصيل الثغور للغازات، مع انخفاض في نسبة الكالسيوم والبوتاسيوم، وزيادة مقابلة في نسبة الكلور والصوديوم فى الجذور هذا . بينما لم تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، أو معدل البناء الضوئى، فى الوقت الذى ازدادت فيه نسبة المادة الجافة فى النباتات بزيادة تركيز الأملاح

وأوضحت دراسات Jones وآخرون (١٩٨٩) التى قيموا فيها تأثير ٧ تركيزات من

الملوحة تراوحت بين صفر، و ١٥ مللى موز/سم على ٦ أصناف من الخيار أن الملوحة — فى ذلك المدى — لم تؤثر على نسبة إنبات البذور بعد ٥ أيام من بداية المعاملة، ولكنها انقصت نمو الجذير ومع زيادة الملوحة من صفر إلى ١٢ مللى موز/سم نقص طول البادرات ووزنها الجاف. وصاحب ذلك زيادة فى محتواها من الكالسيوم والصوديوم، ونقص محتواها من البوتاسيوم والمغنيسيوم وعندما قورن تأثير مستويين من الملوحة، هما ١,٦، و ٤ مللى موز/سم فى النباتات الكبيرة، وجد أن الملوحة العالية أنقصت المحصول جوهريًا فى خمسة أصناف من ستة، ولكنها لم تؤثر فى نوعية الثمار. وقد وجد ارتباط فى أحد أصناف الخيار بين طول البادرة عند ملوحة ٩ مللى موز/سم والمحصول النسبى فى ملوحة ٤ مللى موز/سم.

كذلك وجد أن كلاً من الوزن الطازج والجاف للجذور والنموات الخضرية ينخفض فى الخيار النامى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بزيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى من ٢,٥ إلى ٨,٥ مللى موز/سم. دون أن تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، وصاحبت زيادة الملوحة نقص جوهرى فى المحصول الكلى، مع نقص جوهرى فى امتصاص النباتات للماء، ومحتواها النسبى من الرطوبة، ومعدل النتح، وتوصيل الثغور، ونقص فى محتوى الجذور والنموات الخضرية من الكالسيوم والبوتاسيوم، وزيادة فى محتواها من الكلور والصوديوم. بينما لم يتأثر معدل البناء الضوئى بمستوى الملوحة (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣أ). هذا ولم تؤثر تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧°م — بصورة دائمة — على النمو النباتي، أو المحصول، أو على استجابة النباتات لمستويين من الملوحة، هما ٢,٥، و ٨,٥ مللى موز/سم (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣ب).

ويستدل من دراسات Ho & Adams (١٩٩٤) أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل المغذية من ٣ إلى ٨ مللى موز/سم أدت إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات، كما أدت إلى نقص امتصاص الكالسيوم. ونقص ما وصل منه إلى الأوراق العليا للنبات، ونقص المحصول.

وحصل Al-Harbi (١٩٩٥) على نتائج مشابهة لما سبق بيانه، حيث وجد أن الوزن

الجاف لجذور الخيار وسواته الهوائية تناقص مع زيادة تركيز الأملاح من ٢,٠ إلى ٨٠ مللى موز/سم، ومع زيادة نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم عند مستوى ملوحة ٤,٠ مللى موز/سم وصاحب ارتفاع الملوحة تراكم فى كل من الصوديوم والكلور فى النباتات، مع نقص فى تركم الكالسيوم وتبعا لكل من Adams & Ho (١٩٩٥) فإن زيادة الملوحة من ٣ إلى ٩ مللى موز سم أدت إلى نقص إنتاج المادة الجافة فى الخيار. ولكن مع زيادة سببها فى الثمار على حساب الجزء العلوى من النمو الخضرى، ونقص امتصاص الكالسيوم. وقد أدت زيادة الرطوبة النسبية أثناء النهار إلى نقص تراكم الكالسيوم فى أوراق الخيار كذلك يستدل من دراسات Chartzoulakis (١٩٩٥) أن زيادة الملوحة فى المياه عن ١٠ مللى مولار كلوريد صوديوم أحدثت نقصًا معنويًا فى المحصول وعدد الثمار/نبات، مصحوبًا بزيادة فى محتواها من الكلوريد، والصوديوم، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، ومن ثم إلى تحسين طعمها فى اختبارات التذوق.

وأوضحت دراسات Tazuke (١٩٩٧) أن معدل النمو النسبى لثمار الخيار كان طبيعيًا مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية حتى ٦٠ مللى مولارًا، ولكن تأثر معدل النمو النسبى للثمار بعد ذلك سلبيًا بزيادة تركيز الملح، كما بدأت العوامل البيئية الأخرى عند هذا المستوى المرتفع من الملوحة - فى التفاعل مع الأملاح فى التأثير سلبيًا على معدل نمو الثمار

ويقدر المحصول النسبى - معبرا عنه كنسبة مئوية — عند تغير درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى بالمعادلة التالية

$$y = -16.8x + 115$$

حيث إن x = هى درجة التوصيل الكهربائى EC معبرًا عنها بالمللى موز/سم فى حرارة ٢٥°م

وقد أقترح حدًا أقصى للملوحة التى يمكن أن تتحملها نباتات الخيار قدره ٣٠ جزءًا فى المليون من الصوديوم، و ٥٠ جزءًا فى المليون من الكلور فى مياه الرى، مع عدم

زيادة درجة توصيلها الكهربائى عن ٠,٥ مللى موز/سم هذا إلا إنه يمكن زيادة تلك المستويات إلى الضعف بأمان إذا استعملت كميات زائدة من مياه الرى لغسيل الأملاح المتراكمة فى التربة (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

وتبعًا لدراسات Ho & Adams (١٩٩٤) فإنه فيما بين مستويى ملوحة ٣، و ٨ مللى موز/سم فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى انخفض الوزن الجاف لنباتات الخيار بنسبة ٩٪ مع كل زيادة قدرها وحدة EC كاملة (٦٤٠ جزءًا فى المليون من الأملاح). هذا إلا أن محصول الثمار لم ينخفض إلا عندما زادت درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٥,٥ مللى موز/سم. وقد أدت الملوحة العالية إلى انخفاض نسبة ما وصل إلى النموات الخضرية من المادة الجافة، مقارنة بما وصل إلى الثمار. كذلك أدت كل وحدة EC زيادة عن ٣ مللى موز/سم إلى نقص محتوى الكالسيوم بنسبة ١٦.٦٪ فى الأوراق، و ١١٪ فى الثمار.

وقد وجد Lechino وآخرون (١٩٩٧) أن تعريض جذور الخيار لمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بتركيز نهائى (فى المحلول المغذى) قدره ١٠٠ مللى مولار/لتر أدت إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة كاتاليز Catalase، وجلوتاثيون ردكتيز Glutathione Reductase، ومحتوى مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون المختزل.

وأوضحت دراسات Rosendahl & Rosendahl (١٩٩١) أن تلقيح نباتات الخيار بفطر الميكوريزا *Glomus etunicatum* أدى إلى زيادة تحملها لمستوى ملوحة قدره ٠,١ مولار من كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى.

درجة حرارة المحاليل المغذية

يذكر Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣أ) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧°م — بصورة دائمة — فى الرياض بالمملكة العربية السعودية — لم يكن مؤثرًا على نمو نباتات الخيار أو محصولها، كما لم يؤثر على استجابة النباتات لمستويين من ملوحة المحلول المغذى؛ هما ٢,٥، و ٨,٥ مللى موز/سم

ويستدل من دراسات Adams (١٩٩٣) على أن امتصاص نباتات الخيار للماء، والنيتروجين، والبوتاسيوم من المحاليل المغذية — فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — يزداد بزيادة شدة الإضاءة وارتفاع حرارة الهواء، بينما يزد د امتصاص الفوسفور مع ارتفاع درجة حرارة الجذور

تهوية المحاليل المغذية

يحدث أحيانًا ذبول فجائى فى مزارع الغشاء المغذى للخيار، ويرتبط ذلك بنقص الأكسجين فى المحلول المغذى، علمًا بأن جذور الخيار أكثر احتياجًا للأكسجين وأكثر حساسية لنقصه، مقارنة باحتياجات جذور الطماطم تزداد حالة الذبول فى الجو الحار الذى تقل فيه كمية الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى. ولذا يجب العمل على التهوية المستمرة للمحلول وتفيد زيادة انحدار قنوات الغشاء المغذى إلى ٦٠ سم أو أكثر لكل ١٠م طولى منها فى تحسين التهوية بالمحلول المغذى (Hochmuth ٢٠٠١)

وعندما زيد تركيز الأكسجين الذائب فى المحاليل المغذية بالمزارع المائية للخيار من ٠.٠١ إلى ١.٠٠، ثم إلى ٢.٠ مللى مول ازداد بشدة معدل امتصاص نباتات الخيار للماء من ١٦٤ إلى ١٨٦، ثم إلى ٢٣٥ جم/نبات، على التوالى. كذلك ازداد امتصاص النباتات للماء — عند كل تركيز للأكسجين — بزيادة شدة الإضاءة ومدة التعرض لها ولقد اقترح أن امتصاص الجذور للماء فى المزارع المائية يقل فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين الذائب؛ بسبب ما يحدثه نقص الأكسجين من تغيرات فى نقاذية خلايا الجذر، من خلال نقص فى معدل حدوث عمليات تعتمد على التنفس (Yoshida وآخرون ١٩٩٦).

هذا إلا إنه فى دراسة أخرى لم تؤثر تهوية المحاليل المغذية — لأجل زيادة محتواها من الأكسجين الذائب — فى محصول الخيار بالمزارع المائية، ولكن المحصول ازداد جوهريًا بإضافة الفحم المنشط activated charcoal لتلك المحاليل ويبدو أن إفرازات الجذور — التى قد تكون ضارة للنمو الخضرى والمحصول فى الخيار — يدمصها الفحم المنشط (Asao وآخرون ١٩٩٩).

المعاملة بمحفزات النمو

استفادت نباتات الخيار فى مزرعة مائية من المعاملة ثلاث مرات — على فترات أسبوعية — من مرحلة الورقة الحقيقية الخامسة إلى العاشرة — بأى من حامض اللاكتيك (فى صورة التحضير التجارى لاكتوفول Lactofol)، أو حامض الهيوميك (فى صورة التحضير التجارى بو-هبوميت K-Humate)، أو البكتيريا *Bacillus subtillis*، وظهرت التأثيرات فى صورة زيادة فى كل من النمو الخضرى، وعدد الثمار/نبات (Boehme وآخرون ٢٠٠٥).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تتم تغذية الخيار فى الزراعات المحمية بغاز ثانى أكسيد الكربون بصورة روتينية فى كل من أوروبا وشمال خط عرض ٣٨°م شمالاً فى أمريكا الشمالية، ولكن لم يَحْظَ هذا الإجراء باهتمام يذكر فى المناطق الجنوبية؛ بسبب قصر الفترة التى تبقى خلالها البيوت المحمية مغلقة أثناء الجو المعتدل أو الدافئ.

ويعد رفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون أمرًا روتينيًّا فى المناطق الباردة. فمثلاً .. أدى ذلك فى زراعات شهر يناير — فى المملكة المتحدة — إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣٠٪، بينما لم تؤد زيادة تركيز الغاز إلى ١٦٠٠ جزء من المليون إلى أية زيادة إضافية فى المحصول إلا عندما رفعت الحرارة — كذلك — من ٢١°م إلى ٢٤°م، وكانت الزيادة الإضافية الناتجة عن ذلك فى المحصول المبكر فقط (Slack & Hand ١٩٨٦)، كما أدت زيادة تركيز الغاز — فى ولاية كارولينا الشمالية — إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٢٠٪ (Peet وآخرون ١٩٩١).

أما فى المناطق الدافئة — التى تفتح فيها منافذ التهوية لفترات طويلة من اليوم — فقد وجد أن النباتات تستجيب للتعرض لتركيزات عالية من الغاز لفترات قصيرة، بينما يكون التعرض لهذه التركيزات العالية سامًّا للنباتات فى الظروف العادية فى المناطق الباردة.

وقد استجابت نبتات الخيار — فى البيوت المحمية المهواة — لزيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠، و ٣٠٠٠، و ٥٠٠٠ جزء من المليون، حيث ازداد محصول الثمار بنسب تراوحت بين ٥ ١٨٪ و ٣٤,٥٪ (Peet & Willits ١٩٨٧)

وتؤدى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى إحداث انغلاق جزئى للثغور، ولكن ذلك لا يكون له تأثير يذكر على معدل النتح، الذى لا ينخفض سوى بنسبة قليلة لا تكون مؤثرة على انتقال العناصر فى النبات. أو على درجة حرارة الأوراق (Nederhoff & de Graaf ١٩٩٣)

تربية وتقليم النباتات

تربى نباتات الخيار رأسيًا على خيوط تمتد بطول مترين من سطح الأرض إلى الأسلاك الأفقية التى توجد أعلى خطوط الزراعة. وقد تربط هذه الخيوط من أسفل فى خيط آخر يوجد على سطح التربة بامتداد خط الزراعة، أو تربط بسيقان النباتات بالقرب من سطح التربة عندما يبلغ طولها حوالى ٥٠ سم توجه النباتات رأسيًا على هذه الخيوط من وقت ربطها وبصورة منتظمة بعد ذلك، لأن التأخير فى إجراء هذه العملية قد يؤدى إلى كسر الساق أو تلف الأوراق

وتفيد طرق التربية التى تسمح بتخلل الضوء للنموات الخضرية وزيادة شدة الإضاءة التى تتعرض لها ثمار الخيار فى جعل الثمار أكثر اخضرارًا، وفى زيادة قدرتها على تحمل التخزين (Klieber وآخرون ١٩٩٣)

ويعتبر تقليم الخيار عملية ضرورية، الهدف منها إحداث توازن بين النمو الخضرى والثمرى للحصول على إنتاج وفير ويتم ذلك بإزالة كل الأفرع الجانبية وكل الأزهار المؤنثة حتى ارتفاع ٤٥ سم من سطح الأرض؛ لأن الثمار التى تنمو على العقد الأولى، وعلى الأفرع الجانبية التى تنمو على العقد الأولى، غالبًا ما تتدلى وتلامس الأرض× ويتغير لونها وملمسها أما الأفرع الجانبية التى تنمو بعد ذلك، فإنه يسمح لها بالنمو حتى يكوّن كل منها عقدتين بهما أزهار مؤنثة، ثم تقلم أما الأفرع الثانوية، فتزال

كلية يستمر الأمر كذلك إلى أن تصل الساق الرئيسية للنبات إلى السلك المربوط به الخيط، حينئذٍ تقلم القمة النامية الرئيسية للنبات، ويسمح للثلاثة أفرع الجانبية العلوية بالنمو، حيث تُوَجَّه على السلك فى اتجاهات مختلفة، ويُسمح لها بالتدلى لأسفل دون ربط على الخيط. وفى هذه المرحلة يتوقف التقليم بسبب كثافة النمو (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

وفى طريقة أخرى للتربية يتم تقليم كل الفروع والثمار فى الـ ٤٥ سم السفلية، بينما يسمح للثمار فقط بالنمو. وتزال كل الأفرع حتى يصل التقليم إلى الساق الرئيسية للسلك، وبعد ذلك يسمح للساق الرئيسية بالتدلى قليلاً لأسفل، ثم تقطع القمة النامية وفى الوقت نفسه يسمح للأفرع الرئيسية العليا بالنمو حتى تصل إلى السلك وتتدلى حتى تصل إلى نحو متر واحد من الأرض، حيث تقطع قممها النامية. ويسمح للأفرع الجانبية الثانوية بالنمو وحمل الثمار

وتعرف عدة طرق للتربية، تعتمد على وجود سلك واحد أو سلكين يمتدان بامتداد المصاطب على ارتفاع حوالى ٢٤٠ سم من سطح الأرض، ويمكن زراعة خط واحد من الخيار أو خطين فى وجود سلك واحد وفى كلتا الحالتين تربى النباتات على خيط حتى السلك وحتى تتدلى النباتات من فوقه، وحينئذٍ يمكن قطع قمتها، والسماح بنمو فرعين جانبيين يتدليان إلى أسفل حتى سطح التربة، أو قد يسمح بنمو الساق الرئيسى فقط حتى سطح التربة. وفى كلتا الحالتين تُزال جميع الفروع الجانبية الأخرى لدى ظهورها بعد السماح بتكوين ثمرة واحدة على الأقل عند كل عقدة. أما عند وجود سلكين أعلى المصطبة (الـ V - cordon system) فإن النباتات تُربى على خيوط تربط — بالتبادل — مع أحد السلكين أو الآخر، وبذا تنمو النباتات حتى السلكين آخذة شكل حرف V وتُعامل النباتات — فيما عدا ذلك — كمعاملة النباتات المرباة على سلك واحد (single cordon) فى كل شئ

هذا إلا أن المسافة بين النباتات فى الخط تختلف بين النظامين؛ ففى حالة السلك الواحد تكون النباتات على مسافة ٣٠–٤٥ سم من بعضها البعض. وإذا استعمل سلك

واحد مع خطين من النباتات بالمصطبة تكون النباتات على مسافة ٤٥-٦٠ سم من بعضها البعض، مع توفير مسافة ٦٠ سم بين الخطين أما إذا استعمل سلكين، فإن النباتات تكون على مسافة ٣٠ سم من بعضها البعض، ومع ربط النباتات بالتبادل مع أحد السلكين أو الآخر

وتتراوح المسافة بين خطوط الزراعة (بين المصاطب) في حالة الخطوط المزدوجة في وجود سلك واحد بين ١٥٠، و ١٨٠ سم، وفي حالة الخط المفرد مع سلك واحد بين ١٢٠، و ١٥٠ سم أما في حالة وجود سلكين فإن المسافة بين المصاطب تكون ١٥٠ سم (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

ويمكن إيجاز نظامي التربية كما يلي:

١- التربية بنظام الكوردون الرأسي vertical cordon.

يمكن في هذا النظام زراعة الخيار إما في خطوط مفردة على مسافات متساوية (١٢٠-١٥٠ سم) بين الخطوط، وعلى مسافة ٣٠-٤٥ سم من النباتات في الخط، وإما في خطوط مزدوجة تكون على مسافة ١٥٠-١٨٠ سم بين مراكز كل زوجين من تلك الخطوط، أما المسافة بين خطي كل زوج فتكون حوالي ٦٠ سم، وتكون المسافة بين النباتات في الخط الواحد حوالي ٤٥-٦٠ سم.

٢- التربية بنظام الكوردون المنفرج على شكل حرف V، أي V-cordon

يُزرع الخيار في هذا النظام في خطوط مفردة تبعد عن بعضها بمسافة ١٥٠ سم، مع مسافة ٣٠ سم بين النباتات في الخط، ومع مدّ خطين من الأسلاك – يبعدان عن بعضهما بحوالي ٧٥ سم أعلى كل خط زراعة توزع الخيوط الحاملة للنباتات بعد ذلك بالتبادل على السلكين، بما يعني أن النباتات تربى رأسيًا بميل على جانبي خط الزراعة مع وجود مسافة بينهما تكون ٧٥ سم من أعلى تنفذ من خلالها الأشعة الشمسية

إن أكثر طرق تقليم الخيار شيوعا – سواء أكانت التربية بنظام الكوردون الرأسي، أم بنظام الكوردون المنفرج – تعرف بطريقة أو نظام المظلة umbrella system وفي

هذا النظام تُقلَّم جميع الفروع الجانبية — عند ظهورها – إلى أن تصل الساق الرئيسية إلى السلك العلوى، ثم تزال القمة النامية للساق الرئيسية بعد تكوين ورقة أو ورقتين فوق مستوى السلك. يُسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبين بالقرب من قمة النبات، مع تركهما ليتدليا إلى أسفل، حتى يصلا إلى قرب سطح التربة، حيث تقطع قمتها. تتكون الثمار عند عقدة كل ورقة، ويجب التخلص من جميع الثمار التى تتكون على الساق الرئيسية حتى ارتفاع ٧٥ سم من سطح الأرض، وذلك بمجرد ظهورها. يسمح ذلك الإجراء بتكوين نمو خضرى مبكر وقوى، الأمر الذى ينعكس إيجابيًا على محصول الثمار

تراعى إزالة جميع النموات (فروع جانبية وأوراق وبراعم زهرية) على الساق الرئيسية لمسافة ٧٥ سم (حوالى ٨–١٠ عقد) من قاعدة النبات. وتقلم الفروع الجانبية بعد ذلك على ورقة واحدة كما تقلم الفروع المتدلية عندما تصل إلى نحو ٩٠ سم من سطح التربة.

ويعطى Wittwer & Honnma (١٩٧٩) طريقتين لتربية الخيار.

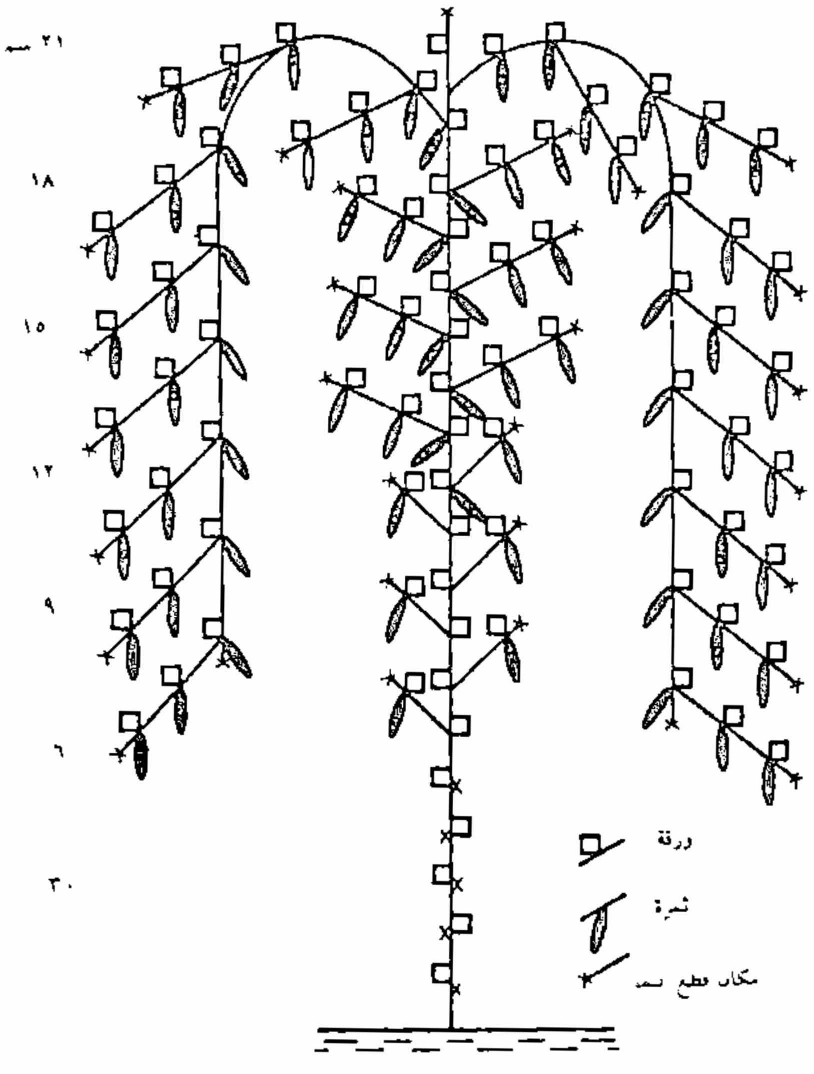
يكون التقليم فى الطريقة الأولى (شكل ١٢–٢) كالتالى:

١– تُزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى ارتفاع ٦٠ سم).

٢– يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية، ويسمح كذلك بنمو ثمرة عند العقدة الأولى من كل فرع، لكن لا يسمح بنمو ثمار على الساق الأصلية، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى ارتفاع ١٢٠ سم).

٣– يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية، ويسمح كذلك بنمو ثمرتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع، وبنمو ثمرة على الساق الأصلية عند كل عقدة وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى ارتفاع ١٨٠ سم).

٤– يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان إلى أسفل من الجانبين، ويسمح لكل فرع بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبى عند كل عقدة، كما يسمح لكل فرع جانبى بتكوين ثمرتين، ثم يقطع بعد العقدة الثانية.



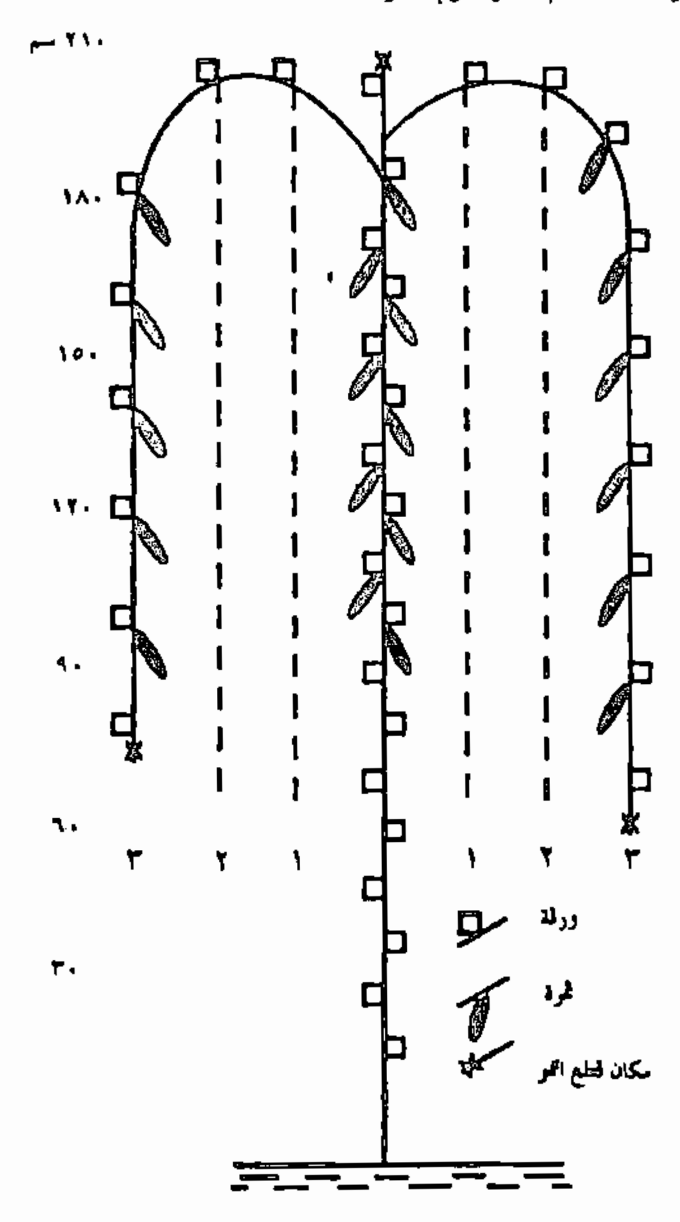
شكل (١٢-٢) التربية الرأسية للخيار (الطريقة الأولى).

أما الطريقة الثانية (شكل ١٢-٣) فيكون التقليم فيها كالتالى:

١- لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد الثمانى الأولى (حتى ارتفاع ٩٠ سم).

٢- يسمح بنمو الثمار على العقد الثمانى التالية، ولكن لا يسمح بنمو أفرع جانبية (حتى ارتفاع ١٨٠ سم)

٣- يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان إلى أسفل، ويحمل كل منهما ثمارًا عند العقد. دون أن يسمح بنمو أفرع ثانوية عليها.



شكل (١٢-٣). التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية).

وفى مصر ينصح عرفة وآخـرون (١٩٨٦) باتبـاع إحـدى طـريقتين للتربيـة كالتالى:

الطريقة الأولى تتبع فى الزراعات المبكرة حتى منتصف أكتوبر. وفيها تـزال جميـع الأزهار والفروع الجانبية على الساق الرئيسية حتى ارتفاع متر واحد مـن سـطح الأرض. ثم تترك الثمار، ويسمح للأفرع الجانبية بالنمو، وتكوين ثمـرة واحـدة عنـد العقـدة الأولى من كل فرع، ثم تقطع بعد العقدة الأولى. يستمر هذا النظام إلى أن تصل السـاق الرئيسية إلى السلك العلوى؛ حيث يسمح لثلاثة من الأفرع الجانبية العلويـة بـالنمو، إلى أن تتـدلى من على السلك إلى أسفل، مع قطع قمة النبات الرئيسية بعد تكوين ثـلاث ورقـات فـوق مستوى السلك، وتزال الأفرع الجانبية التى تتكون فى آباطها. وبالنسبة للأفـرع الثلاثـة التى سمح بنموها لأسفل، فإنه يعاد تقليم الفروع الجانبية المتكونة فى آباط أوراقهـا بعـد تكون ورقتين عليها. ويستمر فى إجراء ذلك حتى تصل هـذه الأفـرع الثلاثـة إلى مـستوى ٨٠ سم من سطح الأرض، حيث تقطع القمة النامية بكل منها، ويسمح بنمو ثلاثـة أفـرع من كل واحدة منها، وتترك لتتدلى حتى مستوى سـطح الأرض. هـذه الأفـرع تتكـون مـن آباط أوراقها فروع ثانوية ثانية تزال قمتها النامية بعد تكوّن ثلاث أوراق عليها.

أما الطريقة الثانية، فتتبع مع الزراعات التى تجرى فى النـصف الثـانى مـن أكتوبر (حيث تبدأ درجة الحرارة فى الانخفاض)، وفيها تزال جميع الثمـار والفـروع الجانبيـة على الساق الرئيسية حتى ارتفاع ٥٠–٦٠ سم من سطح الأرض، ثم تترك الثمار المتكونـة بعد ذلك حتى ارتفاع ١.٥م من سطح الأرض، كما يـسمح فـى هـذه الأثنـاء بنمـو الأفـرع الجانبية وتكوينها لثمرة واحدة، ثم تقطع بعد العقدة الأولى. وبعد ذلك تترك على الأفـرع الجانبية المتكونة ورقتان، وتحمل كل منهما ثمرتين. وكما فى الطريقة الأولى، فإنه يـسمح لثلاثة فروع علوية بالنمو والتدلى إلى أسفل، مع قطع القمة النامية للساق الرئيـسية بعـد تكوين ثلاث ورقات أعلى مستوى السلك. وبالنـسبة للأفـرع الثلاثـة المتدليـة، فإنـه تـتم إزالة قمم الأفرع الجانبية المتكونة عليها بعد تكوين ورقـتين، ويـستمر ذلـك حتـى تـصل هذه الأفرع إلى حوالى ٨٠ سم من سطح الأرض، حيث تُزال قمتها النامية، ويـسمح بنمـو ثلاثة أفرع من كل منها كما سبق بيانه فى الطريقة الأولى.

وعمليًا يفضل عند تربيه نباتت الخيار إزالة أول الفروع الجانبية وأول الثمار المتكونه بمجرد ظهورها، بينما تُقلّم الفروع الجانبية الخمسة التالية بعد العقدة الأولى. كذلك تُقلّم الفروع الجانبية الستة التالية (أرقام ٧-١٢) بعد العقدة الأولى، ولكن يسمح فيها بنمو الفرع الثانوى (المستوى الثانى للتفريع)، مع تقليمه بعد العقدة الأولى كذلك. أما لفروع الجانبية التالية فإنه يسمح لها بالنمو حتى السلك العلوى بدون تقليم.

وتحدر الإشارة إلى ان نظام تربية النباتات - الذى يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة سمس من حلال النبتات - يؤدى إلى إنتاج ثمار أكثر اخضرارًا وذات قدرة أكبر على التحزين من تلك النظم التى تحفز النمو الخضرى الغزير (Klieber وآخرون ١٩٩٣)

إزالة الأوراق السفلية

أيًا كانت طريقة التربية المتبعة، وسواء أكانت النباتات قصيرة أنثوية، أم طويلة، فلا بد من تعرية الساق الرئيسية للنبات من جميع النموات - بما فى ذلك الأوراق - حتى ارتفاع ٣٠ سم فى الأصناف ذات الثمار القصيرة، وحتى ارتفاع ٥٠ سم فى الأصناف ذات الثمار الطويلة، على أن يتم ذلك بصورة تدريجية، وأن تبدأ هذه العملية عند وصول النبات إلى ارتفاع ٧٥ سم؛ حيث تُزال ورقة أو ورقتان من أسفل مع كل عملية تربية ويساعد ذلك على تحسين كما يجب التخلص من الأوراق والثمار المصابة والمشوهة أولا بأول مع كل عملية تربية

ولا يحور خف الثمار التى تنمو معا فى العقدة نفسها، لأنها تنمو جميعًا بصورة جيده. ويؤدى الخف إلى نقص المحصول لكن يجب التخلص من أى ثمار ملتوية أو مشوهة، وذلك بمجرد ملاحظتها، لأنها لا تصلح للتسويق.

تحسين عقد الثمار

تفشل - أحيانًا - نسبة كبيرة من ثمار الخيار فى العقد، فتتوقف مبايض الأزهار المؤنثة عن النمو، ثم تتلون باللون الأصفر، وبعد ذلك تذبل، ثم تجف، ولكنها تظل

عالقة بالنبات. تشاهد هذه الأعراض غالب في أزهار عدة عقد متتالية على الساق. ثم تعقد ثمرة أو ثمرتان. تليها دورة أخرى من الأزهار غير العاقدة. وهكذا

وقد ترجع هذه الظاهرة إلى أحد الأسباب التالية:

١- ألا يكون الصنف المزروع ذا مقدرة على العقد البكرى، وفى هذه الحالة يلزم توفير خلايا النحل بالصوبة لكى تتم عملية التلقيح. ولكن ذلك أمر نادر فى الزراعات المحمية؛ لأن الأصناف المستخدمة فيها غالبًا ما تكون ذات مقدرة على العقد البكرى

٢- أن يكون الصنف المزروع من الأصناف التى لا تنتج سوى أزهار مؤنثة وغير قادرة على العقد البكرى. وفى هذه الحالة يلزم توفير نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن من الصنف نفسه، أو من صنف آخر شبيه به بنسبة ١٠٪؛ لتكون مصدرًا لحبوب اللقاح مع مد الصوبة بخلايا النحل اللازمة لعملية التلقيح. ولكن ذلك أمر نادر أيضًا؛ لأن الأصناف المؤنثة غالبًا ما تكون ذات مقدرة على العقد البكرى

٣- أن تكون النباتات مصابة بأية آفة (فطر - بكتيريا - فيرس - نيماتودا - حشرة - أكاروس) تحد من نموها وتضعفها، فتصبح غير قادرة على عقد عدد كبير من الثمار. وتلزم فى هذه الحالة مكافحة الآفة، لكن الأعراض ربما لا تظهر إلا بعد أن يستحيل تدارك الأمر، كما فى الأمراض الفيروسية وأمراض الجذور

٤- عند زيادة تركيز الأملاح فى التربة أو فى ماء الرى، ويلزم فى هذه الحالة غسل الأملاح من التربة، بإعطاء رية غزيرة، مع استعمال ماء تقل فيه نسبة الأملاح

٥- عند نقص معدلات التسميد بالعناصر الكبرى والصغرى عن المستويات التى يوصى بها، حيث لا تكون النباتات قدرة على عقد عدد كبير من الثمار ويلزم فى هذه الحالة تدارك الأمر بالتسميد الجيد

٦- عند عدم إجراء عملية التقليم بصورة جيدة؛ حيث يختل التوازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى لصالح الأول. كما يؤدى النمو الخضرى الغزير إلى تظليل النباتات بعضها لبعض. فيصبح النمو الخضرى الزائد غير ذى فائدة كبيرة فى توفير الغذاء للثمار. وعلاج ذلك هو الاهتمام بعملية تربية وتقليم النباتات من البداية

الحصاد والمحصول

تتوقف كمية المحصول على الصنف، ودرجة التحكم البيئى، ومدى العناية بعمليات الخدمة الزراعية، ومدة بقاء المحصول فى الأرض. ويمكن فى الظروف الجيدة توقع محصول يصل إلى نحو ١٠ كجم للنبات الواحد من الأصناف الأوروبية خلال فترة الحصاد التى تمتد لنحو ٣ أشهر. ويبدأ الحصاد بعد حوالى ٤٥–٥٥ يومًا من زراعة البذور أو حوالى ٣٠–٤٥ يومًا من الشتل، حسب الصنف ودرجة الحرارة السائدة، حيث تقصر المدة فى الجو الدافئ.

يكون الحصاد فى الصباح الباكر قبل ارتفاع درجة حرارة الثمار، مع وضع الثمار فى الظل بعد حصادها. ويجرى الحصاد كل يومين تقريبا فى الجو الدافئ وكل حوالى أربعة أيام فى الجو البارد.

وتبعًا للمنظمة العربية للتنمية الزراعة (١٩٩٥) .. فإن محصول الخيار يتراوح – فى مختلف الدول العربية – بين ٦,٤ و ١٦ كجم/م٢، بمتوسط قدره ١١,٨ كجم/م٢. وفى مصر يبلغ المحصول ٢٠ كجم/م٢ عند زراعة عروتين متتاليتين (خريفية مبكرة وربيعية) من الخيار.

يمكن أن تنمو أكثر من ثمرة واحدة عند كل عقدة، ويزداد العدد – عادة – فى طراز البيت ألفا يُفيد الإبقاء على ثمرة واحدة فقط فى تحسين النمو فى النباتات الضعيفة، إلاّ أن النباتات القوية النمو لا تتأثر بحمل أكثر من ثمرة عند كل عقدة ومع ذلك . يجب التخلص من أى ثمرة مشوهة بمجرد ملاحظتها.

يحدث أكبر نمو للثمار ما بين اليوم السادس واليوم الرابع عشر من تفتح الزهرة، حيث تصل الثمار إلى أقصى طول لها فى اليوم الرابع عشر، ثم تبدأ فى الزيادة فى القطر بعد ذلك وعلى الرغم من أن الثمار تكون عادة مستدقة فى بداية تكوينها، ويكون طرفها الساقى أسمك حتى اليوم العاشر من تفتح الزهرة، إلا أنها تصبح أسطوانية متجانسة القطر قبل اليوم الرابع عشر (Hochmuth ٢٠٠١).

إن أصناف الخيار الإنجليزى ذات الثمار الطويلة تكون فيها الثمار بطول ٣٠-٣٥سم، ووزن الواحدة منها ٤٠٠-٥٠٠ جم. تتميز تلك الثمار بلونها الأخضر الداكن لمتجانس وجلده الرقيق الذى لا يحتاج إلى تقشير

يحمل النبات الواحد القوى النمو حوالى ٢٥-٣٠ ثمرة، إلا أن الحمل الغزير قد يتسبب فى تكوين ثمار مشوهة ليست صالحة للتسويق. كما يؤدى النمو الخضرى الغزير إلى تظليل الثمار وبهتان لونها. ويتعارض مع عمليات خدمة النبات ومكافحة لاءت ويتم تقليم النمو الخضرى للحد منه ومن تكوين الأزهار. وللتحكم فى سكل لنبات. ولتأمين الاستمرارية فى النمو الخضرى والزهرى. كذلك يتم تقليم الأزهار والثمار لأجل التحكم فى مواقع الثمار على النبات وأعدادها ولإزالة الثمار غير المنتظمة الشكل (Marr ١٩٩٥).

الأمراض والآفات ومكافحتها

يصاب الخيار بعديد من الأمراض والآفات، التى يصعب تناولها بالتفصيل فى هذا الكتاب. والتى يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى الفصل الثامن من هذا الكتاب. وفى حسن (٢٠٠١)

ويجب الاستفادة القصوى من صفات المقاومة للأمراض المتوفرة فى عديد من هجن الخيار المستعمله فى الزراعات المحمية. فكثير من هذه الهجن متعددة المقاومة للأمراض. متل أمراض البياض الدقيقى، والبياض الزغبى. والانثراكنوز، وتبقع الأوراق الزاوى. والجرب. وموزايك الخيار

الفصل الثالث عشر

إنتاج القاوون (الكنتالوب)

نتناول بالشرح فى هذا الفصل القاوون (الكنتالوب) بصورة أساسية، ولكن مع الإشارة — أحيانًا — إلى البطيخ الذى غالبًا ما يعامل معاملة الكنتالوب.

تعريف القاوون

القاوون Melon هو محصول الخضر الذى درج العامة على تسميته خطأ باسم "كنتالوب Cantaloupe" فالكنتالوب ليس سوى مجموعة الأصناف البستانية لتى تنتمى إلى واحد من الأصناف النباتية العديدة التى يشملها نوع القاوون *Cucumis melo*، هو الصنف النباتى *C. melo* var *cantalupensis*.

ويعتبر القاوون والشمام محصولاً واحدًا، إلا أن لفظة "شمام Sweet melon" تطلق — هى الأخرى — على أصناف خاصة تنتمى إلى صنف نباتى معين، هو *C. melo* var *aegyptiacus*. بينما يطلق اسم قاوون على مجموعات مختلفة من الأصناف البستانية تنتمى غالبيتها إلى ثلاث أصناف نباتية معينة، وينتمى القليل منها إلى أصناف نبتية أخرى قليلة الانتشار. ويطلق عليهما معًا — أى على الشمام والقاوون — اسم بطيخ، أو بطيخ أصفر فى بعض البلدان العربية.

وتنتمى أصناف القاوون التى تزرع فى البيوت المحمية — والتى تعرف خطأ بسم كنتالوب — إلى ثلاث تحت مجموعات، كما يلى:

١- الكنتالوب الحقيقى

إن الكنتالوب الحقيقى (*Cucumis melo* subgroup *Cantaloupensis*) لا تكون ثماره شبكية، وإنما تكون — غالبا — كثيرة التجعدات والنتوءات والبروزات (warty) وقد تكون ناعمة. والكثير منه لا تنفصل ثماره طبيعيًا عن العنق عند نضجها. وتكون ذات رائحة

عطرية قوية يزرع الكنتلوب على نطاق واسع فى أوروبا، ومن أهم طرزه وأصنافه الشارانتيه charantais، والبرسكوت Prescott، والجزائرى D'Alger، و Petit gris de Rennes

٢- الكنتالوب الأملس *C. melo* subgroup *Inodorus*:

لا تكون ثمار الكنتالوب الأملس عطرية، ولا تنفصل عن العنق عند نضجها، ويكون لبها أخضر أو أبيض، ومن أمثلة طرزه وأصنافه: شهد العسل honeydew، والكنارى canary، والكاسابا Casaba، والكرنشو Crenshaw.

٣- الكنتالوب الشبكى *C. melo* subgroup *Reticulatus*

تكون ثمار الكنتالوب الشبكى شبكية وعطرية، وتنفصل عن العنق عند نضجها. ومن أمثلة طرزه وأصنافه الجاليا galia، والمسك ملون muskmelon (الكنتالوب الأمريكى)، والفارسى Persian (عن Jett ٢٠٠٨ — الإنترنت).

وإلى جانب ما تقدم بيانه – مما يُعرف بالكنتالوب (الذى هو فى العربية قاوون) – فإنه تعرف تحت مجموعات أخرى للنوع *C. melo* لا تعد من الكنتالوب، وهى:

١- الكونومون *C. melo* subgroup *Conomon*:

ثمار الكونومون conomon غير عطرية، ولبها أبيض قصيم، وهو يزرع على نطاق واسع فى آسيا. ومن أمثله طرزه وأصنافه: Makuwa uri، و Chinese melon، و Sakata' sweet

٢- القثاء *C. melo* subgroup *Flexuosus*:

ثمار القثاء snake melon طويلة وليس لها رائحة عطرية، ومن أمثلة أصنافها: القثاء الصعيدى، و American Cucumber.

٣- الدوديم *C. melo* subgroup *Dudaim*:

ثمار الدوديم عطرية، ومن أمثلة أصنافه: Queen Anne's Pocket Melon (عن Jett ٢٠٠٨ — الإنترنت).

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

لا تستخدم فى الزراعات المحمية — عادة — إلا الأصناف الهجين ذات الإنتاجية العاليه. والمقاومة لعديد من الأمراض. ومن أهمها ما يلى:

اولا. طراز الجاليا Galia:

جاليا	Galia	جيلور	Galor
رافيجال	Rafigal	عرفة	Arava
ريجال	Regal	بريمال	Primal
إيديال	Ideal	سولارنن	Solarnun
جاليكوم	Galicum	بوليدور	Polidor

ثانيًا: طراز الشارانتيه Charantais:

بانشا	Pancha	ماناجو	Manago
ميجور	Major		

ومن أصناف الزراعات المحمية للبطيخ (وجميعها ذات ثمار صغيرة mini (تعرف باسم Personal size) Sweet Beauty (وهو بذرى)، و Extazy، و Hezera S130، و Solitaire. و Vanessa (وهى عديمة البذور)، وجميعها تكون جاهزة للحصاد فى خلال ٧٧–٨٥ يوما من الزراعة (عن Jett ٢٠٠٨ — الإنترنت).

الاحتياجات البيئية

يناسب إنبات بذور القاوون درجة حرارة مرتفعة، حيث تنبت البذور خلال ٣–٤ أيام فى حرارة ٢٥ –٣٠°م. ولا تنبت البذور فى حرارة ١٥°م، أو أقل من ذلك. أما النمو الخضرى. فتناسبه ١٨ –٢٠°م ليلاً. و ٢٣–٢٥°م نهارًا.

ويؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى قصر الساق، وصغر الأوراق، والتبكير فى إنتاج الأزهار المؤنثة

هذا   بينما تؤدى الحرارة التى تزيد على ٣٠°م إلى ارتفاع معدل التنفس، وإسراع نضج الثمار، التى تصبح صفراء اللون، ولكن ذات محتوى منخفض من السكريات

وتعد الإضاءة الجيدة ضرورية للنمو النباتى الجيد وزيادة نسبة السكر فى الثمار، وزيادتها فى الحجم أما الرطوبة النسبية المثلى فتتراوح بين ٥٠٪ و ٦٠٪؛ حيث تساعد على العقد الجيد، وتحسين العقد، وتكوين الشبك على الثمار بصورة جيدة

مواعيد الزراعة

يزرع القاوون فى الزراعات المحمية فى مصر فى عروتين رئيسيتين؛ هما

١ عروة خريفية

تمتد زراعة البذور فى العروة الخريفية خلال الفترة من الأسبوع الأخير من شهر يوليو فى المواعيد المبكرة، إلى منتصف شهر سبتمبر فى المواعيد المتأخرة وفى كل الحالات يكون الشتل بعد نحو ١٨ يوما من زراعة البذور. ويفضل لهذا العروة استعمال الأصناف المبكرة والمقاومة لمرض البياض الدقيقى والبياض الزغبى

تستكمل النباتات نموها الخضرى قبل حلول الجو البارد؛ حيث يبدأ الحصاد خلال ٧٥ يومًا من الشتل، ويستمر لمدة ٤–٦ أسابيع؛ أى يتم الانتهاء من الحصاد وتقليع النباتات خلال ١٠٠–١٢٠ يوما من الشتل فى مثل هذه الأصناف المبكرة. ويعنى ذلك أن حصاد القاوون يستمر فى الزراعات الثلاث من أواخر أكتوبر إلى آخر يناير وينتج النبات الواحد فى الزراعة الشتوية هذه ٣–٤ ثمرات فى المتوسط، زنة كل منها من ٠,٧٥٠–١,٠ كيلو جرام

٢– عروة ربيعية:

تمتد زراعة البذور فى العروة الربيعية خلال الفترة من منتصف ديسمبر فى المواعيد المبكرة، إلى أوائل شهر فبراير فى المواعيد المتأخرة ويكون الشتل بعد نحو ٣–٤ أسابيع من زراعة البذور حسب درجة الحرارة السائدة

تبدأ هذه العروة فى إعطاء محصولها بعد ٧٠ يومًا فقط من الشتل، ويستمر حصادها لمدة ٤ أسابيع. أى إنها تعطى محصولها خلال شهر أبريل قبل بداية موسم الحصاد فى الزراعات المكشوفة. وزراعات الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، ويستمر الحصاد حتى شهر مايو. ينتج النبات الواحد فى الزراعة الصيفية ٤-٥ ثمار فى المتوسط، زنة كل منها ١٠-١٥ كيلو جرام

وفى العروتين تكون جميع الثمار التى ينتجها النبات على أفرع أولية تخرج من الساق الرئيسية للنبات على امتداد ١,٥ مترًا بعد المتر الأول الذى يقلم جيدًا. هذا .. ويسمح بعقد ٥-٦ ثمار، ثم تخفف وهى صغيرة على العدد المناسب (٣-٤ فى العروة الشتوية و ٤-٥ فى العروة الصيفية) وإلى جانب ذلك .. يتراوح إنتاج نباتات العروة الصيفية أيضًا بين ثمرة واحدة وثمرتين اثنتين بكل نبات على القمة النامية المتدلية بعد وصولها إلى السلك.

الزراعة

يلزم نحو ٨٠-٩٠ جم من بذور القاوون لإنتاج شتلات تكفى لزراعة مساحة ١٠٠٠ متر مربع من الأرض، أو حوالى ٤٥-٥٠ جم من البذور لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م^2.

يكون إنتاج الشتلات، وإقامة المصاطب، واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة، والشتل، واستعمال الأسمدة البادئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع.

وكما فى الخيار .. يشتل خطان من نباتات القاوون — بينهما ٥٠ سم — فى كل مصطبة، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما وتكون المسافة بين النباتات — فى الخط الواحد — ٥٠ سم فى العروة الخريفية، تنقص إلى ٤٠ سم فى العروة الربيعية. ويراعى أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رجل غراب).

وعند الزراعه بهده الطريقة فإن كل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢ يكون فيها ١٢٠٠-١٥٠٠ نبت. بكثافه تتراوح بين ٢ ٢ نباتا و ٢ ٨ نباتًا/م٢.

وقد تكون زراعة الكنتالوب - وكذلك البطيخ – على مسافة ٦٠-٩٠ سم من بعضها البعض في مصاطب تبعد عن بعضها (من المنتصف إلى المنتصف) بمسافة ١٠٠-١٢٠ سم. وبذلك تكون كثافة زراعتها حوالى ضعف كثافتها فى الزراعات الحقلية، حيث تتراوح بين ٩ ٠. و ١ ٧ نبات/م٢

وفي حاله الزراعة بالشتل يكون شتل النباتات إلى عمق يزيد بمقدار ٥ ٢-٥ سم عن سطح صليه الجذور ويلى الشتل مباشرة الرى بمحلول بادئ يحتوى على ٢٠٠-٤٠٠ جزء من المليون من النيتروجين. مع الفوسفور

وقد دُرس تأثير أربع كثافات زراعة (١ ٧. و ٢,٥، و ٣ ٣، و ٤,١ نبات/م٢) على النمو. والمحصول. وجودة ثمار الكنتالوب الجاليا (صنف جال ١٥٢ Gal-152) فى الزراعات المحمية (في ولاية فلوريدا الأمريكية). وقد وجد أن كثافة الزراعة لم يكن لها تأثير على عدد الثمار المبكرة أو الكلية التى ينتجها النبات، إلاّ أن المحصول الصالح للتسويق ازداد خطيًا من ٠ ١١ إلى ٢٠,٠ كجم/م٢ فى الخريف، ومن ٢١,٩ إلى ٤٨,٣ كجم/م٢ في الربيع بزيادة كثافة الزراعة أما متوسط وزن الثمرة فلم يتأثر بكثافة الزراعة في الخريف (متوسط ٠ ١ كجم للثمرة). بينما انخفض خطيًا فى الربيع من ١,٨ كجم عند كثافة زراعة ١ ٧ نبات/م٢ إلى ٥ ١ كجم عند ٤.١ نبات/م٢ ولم يتأثر محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية في أى من موسمى الخريف أو الربيع، حيث كان متوسط ١ ١٠ فى كلا الموسمين وبينما لم يتأثر عدد الأوراق فى النبات بكثافة الزراعة. فإن طول السلاميات ازداد عند كثافة ١ ٤ نبات/م٢ مقارنة بطولها فى باقى الكثافات ويُستدل من نتائج تلك الدراسة أن زيادة كثافة زراعة الكنتالوب الجاليا فى الزراعات المحمية تؤدى إلى زيادة المحصول فى كل من الربيع والخريف دون التأثير سلبيًا على جودة الثمار (Rodriguez وآخرون ٢٠٠٧).

ومن المعروف أن القاوون من أكثر محاصيل الخضر استجابة لاستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة وتحت الظروف المصرية . وجد Salman (١٩٩١) أن استعمال الأغطية البلاستيكية الشفافة للتربة — في البيوت المحمية — أدى إلى رفع درجة حرارة التربة، وحرارة الهواء حول النباتات. إلا أن المعاملة لم تكن مؤثرة على المحصول.

الري

على الرغم من أن توفر الرطوبة الأرضية يعد عاملاً هامًا للنمو النباتي الجيد، إلاَّ أنه يتعين الحرص الشديد في ري القاوون؛ نظرًا لحساسيته المفرطة للماء؛ فمن الضروري تقليل الري. خاصة خلال فترتين من حياة النبات؛ هما:

١- من بداية عقد الثمار حتى وصولها إلى قطر حولى ٨ سم؛ حيث تكون الثمار خلال هذه المرحلة حساسة وقابلة للتشقق عند زيادة الرطوبة الأرضية.

٢- بمجرد وصول الثمار إلى حجمها الطبيعي؛ لأن ذلك يفيد في زيادة نسبة السكر في الثمار ويحد من تشققها.

كما يفيد تقليل الري — بصورة عامة — في الحد من الإصابة بأعفان الجذور. وفي الأراضي الثقيلة . يفيد الري في بداية حياة النبات في تحفيز الجذور إلى التعمق في التربة وتكوين مجموع جذري قوي.

وفي الأراضي الصحراوية ذات النفاذية العالية يروى القاوون بمعدل لتر واحد/نبات يوميًّا لمدة حوالي ١٠ أيام بعد الشتل، ثم تزداد كمية مياه الري تدريجيًّا إلى أن تصل إلى حوالي ٣ لترات/نبات يوميًّا بعد نحو خمسة أسابيع من الشتل، تنخفض بعدها كمية مياه الري بصورة تدريجية، إلى أن تصل إلى حوالي ١,٥ لترًا/نبات؛ ابتداءً من الأسبوع السادس بعد الشتل حتى نهاية فترة الحصاد.

ويعني ذلك أن كمية مياه الري التي تُعطاها صوبة مساحتها ٥٤٠م^2، وتحتوي — في المتوسط — على ١٣٥٠ نباتًا تقدر بنحو ١,٤م^3 يوميًّا في بداية حياة النبات، تزداد

تدريجيًا إلى حوالى ٤ أمتار مكعبة بعد نحو خمسة أسابيع من الشتل، ثم تنخفض بعدها - تدريجيًا - إلى أن تصل إلى حوالى مترين مكعبين يوميًّا بعد نحو ٧ أسابيع من الشتل وحتى نهاية موسم الحصاد هذا .. وتقسم كمية الماء المخصصة لكل صوبة على ريتين: واحدة صباحية حوالى التاسعة صباحًا، والأخرى مسائية حوالى الثالثة بعد الظهر.

التسميد

يتشابه الكانتالوب مع الخيار والطماطم في كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد، مثل: التسميد السابق للزراعة، وأنواع الأسمدة المستعملة، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد. وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور العامة المتعلقة بالتسميد في الفصل السابع.

وقبل التطرق إلى تفاصيل برامج التسميد الموصى بها نورد بعض الدراسات التى أجريت على تسميد الكنتالوب.

• درُس تأثير أربعة مستويات من البوتاسيوم في المحلول المغذى (صفر، و ٢٠٠، و ٤٠٠، و ٦٠٠ جزء فى المليون) على نمو ومحصول وجودة ثمار الكنتالوب النامى فى التربة بالبيوت المحمية. وقد وجد أن مستوى البوتاسيوم لم يكن له تأثير على المحصول. إلا أن عدد الثمار وصلابتها كانا أعلى فى حالة المعاملة بالتركيزين ٤٠٠، و ٦٠٠ جزء فى المليون عما فى معاملة الكنترول. كذلك كان متوسط وزن الثمرة، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية أعلى فى معاملة ٦٠٠ جزء فى المليون عما فى معاملة الكنترول. وبينما كان محتوى الأوراق من البوتاسيوم أعلى فى جميع مستويات البوتاسيوم عما فى معاملة الكنترول، فإن المعاملات لم يكن لها أى تأثير على محتوى الأوراق من كل من النيتروجين، والفوسفور، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والزنك. ويستدل من مجمل النتائج أن تركيز ٢٠٠ جزء فى المليون من البوتاسيوم فى المحلول المغذى كاف لإعطاء أعلى محصول، ولكن يمكن تحسين الجودة بزيادة تركيز البوتاسيوم إلى

٦٠٠ جزء فى المليون، دون أن يكون لذلك تأثير على كمية محصول الثمار (Demiral وآخرون ٢٠٠٥).

ه وجد أن خلط الفرميكمبوست vermicompost مع الرمل بنسب مختلفة تراوحت بين ٢٥:٧٥، و ٤٠:٦٠ — حجما بحجم — مع الرى كل ٤ أيام كان له تأثير إيجابى على الكنتالوب فى الصوبات من حيث المحصول (٧٤,٤ طن للهكتار)، ووزن الثمرة (١٣٣٤ جم)، والقطرين الاستوائى (١٣,٢ سم) والقطبى (١٤,٨ سم)، وسمك اللحم (٣,٤ سم)، وفجوة المساكن (٥,١ سم)، وعدد الثمار بالنبات (١٥ ثمرة)، وعدد الأيام حتى الحصاد (٩٥ يوم). هذه النباتات لم تتلق أى تسميد عضوى؛ بما يعنى إمكان إنتاج الكنتالوب باستعمال مخلوط الفرميكمبوست مع الرمل (Moreno-Reséndez وآخرون ٢٠١٠).

ونقدم — فيما يلى — برنامجين مختلفين لتسميد زراعات القاوون المحمية فى الأراضى الصحراوية:

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط، مع تخصيص يوم للتسميد (بجميع الأسمدة)، ويوم آخر بدون تسميد ثم تُعاد الدورة . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية):

١- العروة الخريفية:

السماد	كمية السماد بالجرام/م^3 من مياه الرى خلال شهور			
	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
نترات النشادر	٥٠٠	٣٠٠	٣٥٠	—
يوريا	—	—	—	٤٠٠
حامض الفوسفوريك	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٩٠٠	٧٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	٦٠

١- العروة الربيعية

السماد	كمية السماد بالجرام/م³ من مياه الرى خلال شهور			
	يناير	فبراير	مارس	أبريل
نترات النشادر	٤٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٥٠٠
يوريا	٢٠٠	—	—	—
حامض الفوسفوريك	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٦٠٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠

وعندما يكون الشتل فى أى موعد آخر – غير شهر سبتمبر فى العروة الخريفية وشهر يناير فى العروة الربيعية – فإن برنامج التسميد يستمر – حسب عمر النبات – كما لو كان الشتل فى شهر سبتمبر. أو يناير فى العروتين على التوالى وعندما تكون فترة النمو المحصولى المتوقعة أقل من أربعة شهور. فإن الفرق يحسب – فى برنامج التسميد – من الشهرين الثانى والثالث بعد الشتل، مع بقاء برنامج التسميد الموضح أعلاه – خلال الشهرين الأول والأخير فى كل عروة – كما هو

وفى كلتا العروتين تضاف العناصر الصغرى رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين

ونقدم فيما يلى – برنامج آخر للتسميد التالى للشتل – فى الأراضى الصحراوية – يعد وسط بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها، وفيها يكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م²) كما يلى:

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) – عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) – حوالى ١٢٥ مل (سم³) – أى ملء نصف كوب ماء – من سماد بادئ يحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) – غنى فى محتواه من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور – فى الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد/١٠٠ لتر ماء)

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل .. فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون – أسبوعيًا – وعلى مدى حوالى ١٠٠ يوم إلى ١٢٠ يومًا من الشتل – حسب عروة الزراعة – على النحو التالى:

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع	٣	٢,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
الخامس إلى الثالث عشر(أ)	٦–٩	١,٥	٠,٧٥	١,٧٥	٠,٥٠
الرابع عشر والخامس عشر(ب)	٢	١,٠	٠,٥	١,٥٠	٠,٢٥
السادس عشر والسابع عشر(جـ)	٢	٠,٥	—	١,٢٥	—

(أ) تختلف هذه الفترة من ستة أسابيع إلى تسعة أسابيع حسب عروة الزراعة؛ حيث تكون طويلة فى العروة الخريفية، وتقصر فى العروة الربيعية.

(ب) تمثل هذه الفترة الأسبوعين السابقين للأسبوعين الأخيرين من موسم الزراعة (قد تكون – مثلاً – الأسبوعين الحادى عشر والثانى عشر، أو الثانى عشر والثالث عشر . أو الرابع عشر والخامس عشر، حسب عروة الزراعة).

(جـ) تمثل هذه الفترة الأسبوعين الأخيرين – أيًا كان رقمهما (قد يكونان – مثلاً – الأسبوعين الثالث والرابع عشر فى العروات القصيرة).

وبذا .. فإن الكمية الكلية من العناصر التى تَحْصُل عليها كل صوبة – قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات – تختلف حسب طول موسم النمو، كما يلى.

طول موسم النمو (أسبوع)	الكمية الإجمالية من العنصر السمادى			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
١٤	٣٩,٥	٢٦	٤٦	٧
١٥	٤١	٢٧	٤٨	٧,٥
١٦	٤٢,٥	٢٨,٥	٤٩	٨
١٧	٤٤	٢٩	٥١	٨,٥

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بياتها فى البرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم.

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

أدت التغذية بثانى أكسيد الكربون مع التدفئة ليلاً (فى إسرائيل) إلى مضاعفة محصول الكنتالوب فى الزراعات المحمية (Kenig & Kramer ١٩٩٩).

التربية والتقليم

تعطى نباتات الكنتالوب نموًا خضريًا غزيرًا. ويتطلب تربيتها رأسيًا إجراء بعض التقليم. الأمر الذى يحقق — كذلك — توازنًا بين النمو الخضرى وعقد الثمار. كما يفيد التقليم فى زيادة متوسط وزن الثمرة وخفض أعداد ما لا يصلح منها للتسويق

ينمو كل نبات كنتالوب ساق رئيسية، مع عديد من الفروع الجانبية. ومن أفضل طرق التقليم للتربية الرأسية للكنتالوب فى الزراعات المحمية الإبقاء على الساق الرئيسى واحد الفروع الجانبية الأولى. مع تقليم كل الفروع الجانبية الأخرى حتى العقدة الثامنة وبعد تلك العقدة يمكن ترك جميع الفروع الجانبية دون تقليم. كذلك تُزال جميع الثمار غير المنتظمة الشكل

وقد تربى نباتات القاوون رأسيًا كما تربى نباتات الخيار، لكن تقليم القاوون يختلف عما فى الخيار. فتُزال الأفرع والأزهار حتى ارتفاع ٦٠ سم، ثم يحافظ بعد ذلك على ٥-٦ أفرع جانبية بدون تقليم، حيث تترك إلى أن تحمل جميعها ثمارًا، ثم تقلم كلها فى وقت واحد بعد الثمرة مباشرة. وبمجرد أن تصل الثمار إلى حجم البيضة. وفى حالة وفرة النمو الخضرى تقلم الأفرع التالية حتى الورقة الثانية أو الثالثة

وفى طريقة أخرى للتربية تقطع القمة النامية للساق الرئيسية فوق الورقة الحقيقية الثانية. فينمو نتيجة لذلك فرعان جانبيان جديدان يُزال أضعفهما نموًا، ويوجه الآخر على الخيط وتُزال كل الثمار التى تعقد حتى ارتفاع ٥٠ سم (إلا إذا كان التبكير أمرًا هامًا). وكذلك النموات الجانبية، ثم تترك النموات الجانبية والثمار التى تتكون بعد ذلك، ثم تُقصَّر على ورقتين بعد الثمرة العاقدة حينما يصل قطرها إلى نحو ١,٥-٢ سم.

وفي كلتا الطريقتين يسمح للساق المرباة بالنمو، إلى أن تصل إلى سلك حامل المحصول. ثم توجه على السق لمسافة سلاميتين، وتترك بعد ذلك لتتدلى إلى أسفل، إلى أن تقترب من سطح الأرض بنحو ٧٠ سم، حيث تقطع قمتها النامية، مع استمرار تقليم الفروع الجانبية بعد الورقة الثانية أو الثالثة ولكن لا يسمح بعقد أكثر من خمس ثمرات على كل نبات؛ لكي يكتمل نموها بصورة جيدة

وقد وجد لدى مقارنة الزراعة الرأسية (التربية إلى أعلى على خيوط) مع الزراعة الأرضية للبطيخ في الزراعات المحمية، ومع استعمال كثافات نباتية مختلفة، أن وزن الثمرة ارتبط كثيرًا بعدد الأوراق الكلي بالنبات في كل طريقة للتربية، كما كان وزن الثمرة في التربية الرأسية أقل جوهريًا منه في الزراعة الأرضية، حتى عندما تساوى العدد الكلي للأوراق بالنبات في طريقتي الزراعة. ولم تكن لطريقة التربية أو لعدد الأوراق الكلي بالنبات تأثيرًا يذكر على محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. ويستدل من تلك النتائج أن وزن الثمرة في البطيخ يتحدد أساسًا بعدد الأوراق الكلي بالنبات، على الرغم من أن بعض العوامل الأخرى (مثل خصائص استقبال وتلقي الأوراق للضوء الساقط عليها) يمكن أن تكون مؤثرة كذلك (Watanabe وآخرون ٢٠٠١أ)؛ فقد أوضحت دراسة أخرى (Watanabe وآخرون ٢٠٠١ب) أن السبب الرئيسي في صغر أوزان البطيخ المربى رأسيًا (تحت ظروف الحقل) أن الأوراق الوسطى والسفلى للنبات تتلقى ضوءًا أقل — بسبب التظليل — عما تتلقاه الأوراق المماثلة في النباتات التي تربى أفقيًا

تحسين عقد الثمار

من الأهمية بمكان أن يحدث العقد في الأزهار الأولى لأنها تعطي أفضل الثمار

يعد النحل ضروريًا لإجراء عملية التلقيح في البيوت المحمية ؛ لذلك يلزم توفير خلايا النحل على مقربة من الصوبات أو بداخلها. وحتى إذا اتلفت المبيدات جانبًا من خلايا النحل، فإن الفرق في المحصول يكون كبيرًا، ويغطي كل التكاليف. وفيما عدا

ذلك . فإنه لا توجد مشاكل فى عقد الثمار فى الجو المعتدل الرطب أما فى الجو الحار الجاف، فإن حبوب اللقاح تجف ولا تعلق بجسم النحلة، ولذلك يلزم فى هذه الظروف تشغيل جهاز الرى بالضبب لمدة عشرة دقائق ثلاث مرات يوميًا فى الصباح، ووقت الظهيرة، وفى المساء خلال فترة عقد الثمار. ويساعد ذلك على تلطيف الجو، ورفع درجة الرطوبة، وتحسين العقد بصورة جوهرية.

كذلك يفيد استخدام النحل الطنّان فى تحسين العقد

وقد وجد أن العقد الجيد للثمار مع إنتاج ثمار صالحة للتسويق يتطلب ثمانى زيارات - على الأقل — من النحل لكل زهرة مؤنثة وعند ضعف التلقيح تكون ثمار الكنتالوب صغيرة الحجم، بينما تكون ثمار البطيخ غير مكتملة الاستدارة lopsided، أو يظهر بها ما يعرف بحالة عنق الزجاجة bottleneck، حيث تكون الثمار منتفخة من طرفها الزهرى بينما يكون طرف العنق فيها مستدقًا.

أما محاولة تلقيح الأزهار يدويًا، فإنها لا تجدى؛ لأن الثمار المتكونة بهذه الطريقة تكون — عادة — مشوهة وغير منتظمة الشكل

الحصاد والمحصول

يتراوح محصول القاوون — فى مختلف الدول العربية — بين ٢.٤ كجم، و ١٠ كجم/م^2، بمتوسط قدره ٤.٩ كجم/م^2. ويمثل الحدّان الأدنى والأقصى متوسط الإنتاج فى كل من مصر والبحرين على التوالى (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٥) هذا إلا أن المحصول يقدر فى عديد من مزارع القاوون المحمية فى مصر بنحو ٦–٨ كجم/م^2.

ويبدأ حصاد ثمار القاوون — عادة — بعد نحو ٧٥ يومًا من الشتل، ويستمر لمدة ٤٥ يومًا، ولكن المدة قد تزيد أو تنقص قليلاً عن ذلك، وهو ما يتوقف على الصنف ودرجة الحرارة السائدة وتقطف الثمار كل ٢–٣ أيام.

الأمراض والآفات ومكافحتها

يصاب القاوون بالأمراض والآفات نفسها التى تُصيب الخيار. وتكافح بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الخيار



الفصل الرابع عشر

إنتاج الفاصوليا

تعرف الفاصوليا العادية الخضراء Snap Beans بالاسم العلمى *Phaseolus vulgaris* L. وهى من محاصيل الجو الدافئ التى تنجح زراعتها فى البيوت المحمية خلال فصل الشتاء، بينما يصعب إنتاجها فى الحقول المكشوفة بسبب انخفاض درجة الحرارة.

وفى مصر .. تزرع الفاصوليا الخضراء فى البيوت المحمية – أساسًا – لأجل التصدير؛ نظرًا لأن معظم إنتاجها يكون خلال الفترة من يناير إلى مارس؛ التى يكثر فيها الطلب على الفاصوليا فى السوق الأوروبية.

الأصناف الملائمة

على الرغم من أنه يمكن زراعة الأصناف القصيرة، إلا أنه يفضل استعمال الأصناف الطويلة التى تربى رأسيًا؛ لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المساحة المتاحة.

ومن أهم أصناف الزراعات المحمية ما يلى:

١- سربو Serbo:

نموه الخضرى قوى، والقرون خضراء خالية من الخيوط (الألياف) الجانبية، وهو مناسب للتصدير.

٢- هيلدا Helda:

نموه الخضرى قوى، والقرون طويلة يبلغ طولها حوالى ٢٠–٢٥ سم، ومنضغطة، وخالية من الخيوط الجانبية. وهو مناسب للتصدير.

٣- نوفاكس Novax:

متوسط التبكير، ويشبه الصنف سربو فى صفات النمو والقرون.

كما يمكن أن تزرع الأصناف القصيرة – كذلك – فى الصوبات لأجل التصدير، ومن أهمها ما يلى:

بوليستا Paulista بورنكو Bronco

رومانو ٢٦ Romano 26

مواعيد الزراعة

تزرع بذور الفاصوليا خلال الفترة من منتصف أكتوبر إلى منتصف نوفمبر، ولا تجوز الزراعة بعد ذلك، لأن بذور الفاصوليا لا تنبت إذا انخفضت حرارة التربة عن ١٥°م. كما أن الزراعة قبل منتصف أكتوبر غير مجدية، لأن إنتاج الأنفاق المنخفضة والحقول المكشوفة يكون منافسًا لمحصول الزراعات المحمية.

الزراعة

يلزم نحو ١,٥–٢ كجم من البذور لزراعة صوبة مساحتها ٥٤٠م٢

تقام المصاطب بالطريقة نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع وكما أوضحنا فى محاصيل الخضر الأخرى .. تزرع الفاصوليا فى خطين – بينهما ٥٠ سم – فى كل مصطبة، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما

تزرع البذور فى الأرض مباشرة فى جور على مسافة ٥٠ سم من بعضها البعض فى الخط الواحد، على أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين على جانبى خرطوم الرى (على شكل رجل غراب). تكون الزراعة فى تربة مستحرثة (أى يكون قد سبق ريها، ثم تترك إلى أن يتبقى بها حوالى ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية)، بمعدل ثلاث بذور فى كل جورة فى أركان مثلث متساوى الأضلاع. وتغطى البذور بتربة رطبة جافة.

وفى الأراضى الثقيلة لا تروى الفاصوليا بعد الزراعة إلى أن يتم الإنبات، ولكن فى

الأراضى الصحراوية ذات النفاذية العالية فإن الفاصوليا تروى ريًا خفيفًا بعد الزراعة، ثم يوميًا بعد ذلك إلى أن يتم الإنبات وتجدر الإشارة إلى أن زيادة الرى خلال هذه الفترة تؤدى إلى تعفن البذور فى التربة.

ويلزم إجراء عملية الترقيع للجور الغائبة بعد حوالى ٧-١٠ أيام من الزراعة.

وقد تزرع الفاصوليا فى جُور تبعد إحداها عن الأخرى بمسافة ٢٥ سم فى الخط الواحد، مع زراعة بذرتين فى كل جورة

وبذا نجد أن كثافة الزراعة تتراوح بين ٦.٧ نباتًا/م^{٢} فى الطريقة الأولى للزراعة و ٩ نباتات/م^{٢} فى الطريقة الثانية.

الرى

تعد الفاصوليا من أكثر محاصيل الخضر حساسية لزيادة الرطوبة الأرضية، أو نقصها، لذا . يجب الحرص التام بحيث تحصل النباتات على حاجتها من مياه الرى بانتظام، خاصة خلال مراحل النمو الأولى حتى الإزهار وبداية عقد الثمار.

التسميد

تتشابه الفاصوليا مع محاصيل الخضر الأخرى التى أسلفنا بيانها فى كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد؛ مثل: التسميد السابق للزراعة، وأنواع الأسمدة المستعملة، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد. وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع.

ولكن .. نظرًا لحساسية الفاصوليا — بوجه خاص — لنقص عنصرى المنجنيز والزنك واستجابتها الواضحة للتسميد بهما — لذا .. يتعين إضافتهما ضمن الأسمدة السابقة للزراعة فى صورة سلفات منجنيز وسلفات زنك بمعدل ٤ كجم من كل منهما.

ونقدم — في هذا المقام — برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الفاصوليا المحمية في الأراضي الصحراوية، كما يلي

توصي وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الري بالتنقيط، مع تخصيص يوم للتسميد (بجميع الأسمدة)، ويخصص يوم آخر بدون تسميد، ثم تُعاد الدورة وهكذا حسب البرنامج التالي (في الأراضي الصحراوية)

عروة أكتوبر

السماد	كمية السماد بالجرام/م٣ من مياه الري خلال شهور				
	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير
نترات النشادر	٥٠٠	٥٠٠	٦٥٠	—	—
يوريا	—	—	—	٦٠٠	٤٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٠٠	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥

عروة نوفمبر

السماد	كمية السماد بالجرام/م٣ من مياه الري خلال شهور					
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل
نترات النشادر	٥٠٠	—	—	—	٤٠٠	٣٠٠
يوريا	—	٥٠٠	٦٥٠	٥٠٠	—	—
حامض الفوسفوريك	٦٠٠	٧٠٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٧٠٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥	١٢٥

وفي كلتا العروتين تضاف العناصر الصغرى رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين

ونقدم — فيما يلى — برنامجاً آخر للتسميد يعد وسطاً بين التوصيات المتحفظة وتلك المعمول فيها. وفيه تعطى النباتات بالإضافة إلى التسميد السابق للزراعة — كميات العناصر السمادية — موزعة — أسبوعياً (بالكيلو جرام) — وعلى مدى حوالى ١٦٥ يومًا (٢٤ أسبوعا) على النحو التالى

الأسبوع بعد الشتل	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع	١,٥	١,٥	١,٠	٠,٢٥
الخامس إلى الثامن	٢,٠	١,٧٥	١,٥	٠,٥٠
التاسع إلى الرابع عشر	٢,٥	٢,٢٥	١,٧٥	٠,٥٠
الخامس عشر إلى التاسع عشر	١,٧٥	١,٧٥	١,٧٥	٠,٢٥
العشرون إلى الثانى والعشرين	١,٥	١,٠	١,٥	٠,٢٥
الثالث والعشرون إلى الرابع والعشرين	—	—	—	—

وتبلغ الكمية الكلية من العناصر التى تحصل عليها كل صوبة — قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات - تقدر بنحو ٦١ كجم N، و ٥٢ كجم P_2O_5، و ٥٧ كجم K_2O، و ١٠ كجم MgO

وتحصل النباتات على حاجتها من العناصر الصغرى بطريق الرش كل أسبوعين

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور، والبدائل، والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم

التربية

تربى نباتات الفاصوليا رأسيًا، كل منها على خيط مستقل يربط طرفه الأول بالساق فى أسفل أولى الأوراق الحقيقية للنبات، بينما يربط الآخر فى سلك حامل المحصول. ويراعى إبعاد الخيوط الخاصة بنباتات كل جورة عن بعضها من أعلى عند السلك، لكى

بعد وتتوزع أشعة الشمس بتجانس على جميع النباتات، التى تلف بانتظام على الخيوط هذ ولا تعلم نباتات الفاصوليا

المحصول

يتراوح محصول الفاصوليا الخضراء — فى البيوت المحمية — فى مختلف الدول العربية بين ٥ ٣ و ١٢ كجم للمتر المربع (كما فى البحرين)، بمتوسط قدره ٧ ٦ كجم/م[٢]. ويقدر متوسط الإنتاج فى مصر بنحو ٦ ٤ كجم/م[٢] (المنظمة العربية للتنمية الزراعة ١٩٩٥).

الامراض والآفات ومكافحتها

تصاب الفاصوليا — فى الزراعات المحمية — بعديد من الأمراض، من أهمها ما يلى

المرض	المسبب
أولا الأمراض الفطرية	
العفن المحمى	*Macrophomina phaseoli*
تساقط البادرات	*Rhizoctonia solani & Sclerotium rolfsii*
الاصفرار الفيوزارى	*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*
البياض الدقيقى	*Erysiphe polygoni*
عفن أو تقرح الساق الرايزكتونى	*Rhizoctonia solani*
عفن الجذور الفيوزارى	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*
مرض اسكليروتينيا	*Sclerotinia sclerotiorum*
الصدأ	*Uromyces phaseoli* var. *typica*
الأنثراكنوز	*Colletotrichum lindemuthianum*
العفن الرمادى	*Botrytis cinerea*
ثانيا الأمراض البكتيرية	
اللفحة الهالية	*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*
اللفحة العادية	*Xanthomonas campstris* pv. *phaseoli*

المرض	المسبب
ثالثًا: الأمراض الفيروسية	
موزايك الفاصوليا العادى	Bean Common Mosaic Virus
موزايك الفاصوليا الأصفر	Bean Yellow Mosaic Virus
رابعًا: الأمراض النيماتودية	
النيماتودا المتحوصلة	*Heterodera* spp.
نيماتودا التقرح	*Pratylenchus* spp.
النيماتودا الكلوية	*Rotylenchulus reniformis*
نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.

كذلك تصاب الفاصوليا بالعنكبوت الأحمر، وبعديد من الحشرات؛ منها: المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس، والدودة القارضة، وصانعات الأنفاق وذابة الفاصوليا، ودودة ورق القطن.

ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الأمراض والآفات وطرق مكافحتها فى حسن (٢٠٠٤).

مصادر الكتاب

أبو الروس. سمير عبدالوهاب. ومحمد أحمد شريف (١٩٩٥). الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة. دار النشر للجامعات المصرية. مكتبة الوفاء – القاهرة – ٣٧٢ صفحة.

البلتاجي، محمد السيد توفيق. وأيمن فريد أبو حديد، وأحمد عبدالفتاح؛ وعبدالمعطى شاهين (١٩٩١). إعداد الأرض للزراعة. مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – ٤٢ صفحة.

توفيق. محمد فؤاد (١٩٩٣). المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية. وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية – ٧٢٢ صفحة

جانيك. جوليوس (١٩٨٥). علم البساتين. ترجمة جميل فهى سوريال وآخرين. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٦٥٩ صفحة

حبيب. إبراهيم محمد، وسمير عبدالوهاب أبو الروس، والشربينى عبدالرحمن أبو الحسن (١٩٩٣). الزراعات المحمية. التعليم المفتوح – جامعة القاهرة – ٤٣٨ صفحة

حسن. أحمد عبدالمنعم (١٩٩٧أ). أساسيات وفسيولوجيا الخضر – المكتبة الأكاديمية – القاهرة – ٥٩٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٧ب). تكنولوجيا إنتاج الخضر – المكتبة الأكاديمية – القاهرة – ٦٢٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٨). الطماطم. الأمراض والآفات ومكافحتها. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ١٨٤ صفحة

حسن. أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١). القرعيات. الأمراض والآفات ومكافحتها. الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٣٣٠ صفحة.

حسن. احمد عبدالمنعم (٢٠٠٢). إنتاج الخضر البقولية. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٤٢٤ صفحة

حسن. أحمد عبدالمنعم (٢٠١٠). الأساليب الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٧٨٣ صفحة.

عبدالحميد، أحمد فوزى (١٩٩١). دور العناصر الصغرى فى زيادة إنتاج المحاصيل الحقلية والبستانية فى مصر فى: محمد مصطفى الفولى (محرر) "وقائع الندوة السورية المصرية للعناصر الصغرى فى التربة والنبات" ٩-١٣ يونيو ١٩٩٠ — دمشق — الجمهورية العربية السورية صفحات ٤٧-٥٦ مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر — المركز القومى للبحوث — القاهرة.

عبدالهادى، نريه (١٩٧٤) المواصفات الفنية للبوليثيلين المستعمل للأغراض الزراعة رسالة مرشد الزراعى — الحلقة ١٠٧ — صفحات ١-٤ وزارة الزراعة — الجمهورية العراقية

عبدالهادى، نريه (١٩٧٨) زراعة الخضر تحت الأنفاق البلاستيكية المتوسطة الحجم وزارة الأشغال العامة، الكويت ورقة إرشادية رقم (٢). ١٤ صفحة

عرفة، عرفة إمام، وحامد مزيد، وصلاح الدين محمدين، وحسنى خليفة، ومحمد صلاح الدين يوسف (١٩٨٦) إنتاج الخضر تحت الصوبات البلاستيك وزارة الزراعة والأمن الغذائى — جمهورية مصر العربية — ٣٤ صفحة

مشروع الزراعة المحمية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية (١٩٨٩) محاضرات فى الزراعة المحمية — ١١٢٤ صفحة

مشروع الزراعة المحمية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية (١٩٩٢) اقتصاديات الزراعة تحت الصوب بالقطاع الخاص - الجزء الأول — مركز المعلومات والتوثيق ٣١٨ صفحة

المنظمة العربية للتنمية الزراعة — جامعة الدول العربية (١٩٩٥) دراسة حول الزراعة المحمية فى الوطن العربى والمشروعات اللازمة لتطويرها ووقايتها الخرطوم — ٢٢٤ صفحة

وزارة الزراعة جمهورية مصر العربية (١٩٨٥) برنامج مكافحة الآفات موسم ١٩٨٥/٨٤ — ٢٥٩ صفحة

وزارة الزراعة والثروة السمكية — دولة الإمارات العربية المتحدة (١٩٨٢) إنتاج الخضروات المحمية — ٨٣ صفحة

Abak, K., A. Bascetincelik, N. Baytorun, Ö. Altuntas, and H. H. Öztürk. 1994. Influence of double plastic cover and thermal screens on greenhouse temperature, yield and quality of tomato. Acta Hort. No. 366: 149-154.

Abak, K. et al. 1997. Pollen production and quality of pepper grown in unheated greenhouse during winter and the effects of bumblebees (*Bombus terrestri*) pollination on fruit yield and quality. Acta Hort. No. 437: 303-307.

Abak, K., N. Sari, M. Paksoy, O. Kaftanoglu, and H. Yeninar. 1995. Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouse. Acta Hort. No. 412: 268-274.

Aberkani, K. et al. 2008. Responses of leaf gas exchanges, chlorophyll A fluorescence, and fruit yield and quality of greenhouse tomatoes to shading with retractable liquid foam. Acta Hort. No. 797: 235-240.

Aberkani, K. et al. 2008a. Effects of a dynamic liquid foam technology on energy consumption, microclimate leaf gas exchanges and fruit yield in greenhouse vegetable production. Acta Hort. No. 801: 139-146.

Aberkani, K. et al. 2008b. Effects of shading and an insulating foam injected between double polyethylene films on light transmission, growth and productivity of greenhouse tomato. Acta Hort. No. 801: 187-194.

Acher, A., B. Heuer, E. Rubinskaya, and E. Fischer. 1997. Use of ultraviolet-disinfected nutrient solutions in greenhouses. J. Hort. Sci. 72(1): 117-123.

Adams, P. 1986. Mineral nutrition. In J. G. Atherton and Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 281-234. Chapman and Hall, London

Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. J. Hort. Sci. 66: 201-207.

Adams, P. 1993. Crop nutrition in hydroponics. Acta Horticulturae No. 323: 289-305.

Adams, P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Hort. No. 361: 245-257.

Adams, P. 1994. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. Acta Horticulture No. 366: 405-416.

Adams, P. and L. C. Ho. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. J. Hort. Sci. 64: 725-732.

Adams, P. and L. C. Ho. 1995. Differential effects of salinity and humidity on growth and Ca status of tomato and cucumber grown in hydroponic culture. Acta Hort. 401: 357-363.

Adams, P. and R. Holder. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato (*Lycopersicon esculent*). J. Hort. Sci. 67(1): 137-142.

Adams, S. R., G. C. Woodward, and V. M. Valdés. 2002. The effects of leaf removal and of modifying temperature set-points with solar radiation on tomato yields. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77(6): 733-738.

Aghili, ,F., A. H. Khoshgoftarmanesh, M. Afyuni, and M. Mobli. 2009. Relationships between fruit mineral nutrients concentrations and some fruit quality attributes in greenhouse cucumber. J. Plant Nntr. 32(12): 1994-2007

Aguirre, I., M. C. Gutierrez, and J. Cuartero. 1995. Ethylene production during sweet pepper flowering. Acta Horticulturae No. 412: 479-483.

Albaho, M. S. and J. L. Green. 2000. *Suaeda salsa*, a desalinating companion plant for greenhouse tomato. HortScience 35(4): 620-623.

Alexander, S. E. and G. H. Clough. 1998. Spunbonded row cover calcium fertilization improve quality and yield in bell pepper. HortScience 33(7): 1150-1152.

Al-Harbi, A. R. 1995. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. J. Plant Nutrition 18(7): 1403-1416.

Al-Harbi, A. R. and S. W. Burrage. 1993a. Effect of NaCl salinity on growth of cucumber *Cucumis sativus* L. grown in NFT. Acta Hort. 323: 39-50.

Al-Harbi, A. R. and S. W. Burrage. 1993b. Effect of root temperature and Ca level in the nutrient solution on the growth of cucumber under saline conditions. Acta Hort. 323: 61-73.

Ali, A. M. and W. C. Kelly. 1992. The effects of interfruit competition on the size of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits. Scientia Horticulturae 52(1/2): 69-76.

Ali, A. M. and W. C. Kelly. 1993. Effect of pre-anthesis temperature on the size and shape of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. Scientia Horticulturae 54(2): 97-105.

Allen, P. G. 1973. Cabon dioxide enrichment. In H. G. In: J. Kingham (Ed.) "The U.K. Tomato Manual"; pp. 156-162. Grower Books, London.

Aloni, B. and L. Karni. 2002. Effects of CO_2 enrichment on yield, carbohydrate accumulation and changes in the activity of antioxidative enzymes in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 77(5): 534-540.

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, Y. Riov, M. Huberman, and R. Goren. 1994. The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: possible involvement of ethylene. Journal of Horticultural Science 69(5): 923-928.

Aloni, B., L. Karai, and I. Rylski. 1995. Inhibition of heat induced pepper (*Capsicum annuum*) flower abscission and induction of fruit malformation by silver thiosulphate. J. Hort. Sci. 70(2): 215-220

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, and A. A. Schaffer. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers on relation to their abscission under different shading regimes. Annals of Botany 78(2): 163-168.

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, and A. A. Schaffer. 1997. The relationship between sucrose supply, sucrose-cleaving enzymes and flower abortion in pepper. Annals of Botany 79(6): 601-605.

Aloni, B., L. Karni, I. Rylski, Y. Cohen, Y. Lee, M. Fuchs, S. Moreshet, and C. Yao. 1998. Cuticular cracking in pepper. I. Effects of night temperature and humidity. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73(6): 743-749.

Aloni, B., I. Karni, S. Moreshet, C. Yao, and C. Stanghellini. 1999. Cuticular cracking in bell pepper fruit. II. Effects of fruit water relations and fruit expansion. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(1): 1-5.

Aloni, B., E. Pressman, and L. Karni. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and fruit shape Annals of Botany 83(5): 529-534.

Aloni, B., M. Peet, M. Pharr, and L. Karni. 2001. The effect of high temperature and high atmospheric CO_2 on carbohydrate changes in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation to its germination. Physiologia Plantarum 112(4): 505-512.

Ambroszczyk, A. M., S. Cebula, and A. Sekara. 2008a. The effect of plant pruning on the light conditions and vegetative development of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation. Veg. Crops Res. Bul. (Warsaw) 68: 57-70.

Ambroszczyk. A. M., S. Cebula, A. Sekara. 2008b. The effect of shoot training on

yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation. Folia Hort. 20(2): 3-15.

An, P., S. Inanaga, X. J. Li., A. E. Eneji, and N. W. Zhu. 2005. Interactive effects of saliuity and air humidity on two tomato cultivars differing in salt tolerance. J Plant Nutr. 28(3): 459-473.

Antignus, Y. et al. 1996. The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. Plasticulture No. 112: 15-20.

Araki, Y. 1994. Growth of greenhouse-grown tomato irrigated on the basis of plant or soil moisture status. (In Japanese with English summary). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 63(1): 91-97. (c. a. Hort. Abstr 65. 2178; 1995).

Asao, T. et al. 1999. Influences of phenolics isolated from the nutrient solution nourshing growing cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants on fruit yield. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 68(40): 847-853.

Asao, T., Y Ohba, K. Tomita, K. Ohta, and T. Hosoki. 1999. Effects of activated charcoal and dissolved oxygen levels in the hydroponic solution on the growth and yield of cucumber plants. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 68(6): 1194-1196. c. a. Hort. Abstr. 70: Abstr. 3205; 2000.

Asian Vegetable Research and Development Center. . 1986. Hydroponics breakthrough. Centerpoint 5(1): 5.

Askew, D. J. and M. D. Laing. 1994. Evaluating *Trichoderma* bio-control of *Rhizoctonia solani* in cucumbers using different application methods. Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences 4(2): 35-38. c. a. Rev Plant Pathol. 74(6): 3611; 1995.

Averre, C. W. and G. V. Gooding. 2000. Virus diseases of greenhouse tomato and their management. North Carolina State University, Plant Pathology Extension. Vegetable Disease Information Note 15. The Internet.

Averre, C. W., J. B. Ristaino, and J. G. Shultheis. 2000. Disease management for vegetables and herbs in greenhouse using low input sustainable methods. Plant Pathology Extension. North Carolina State University. The Internet.

Awang, Y. B. and J. G. Atherton. 1994. Salinity and shading effects on leaf water relations and ionic composition of strawberry plants grown on rockwool. J. Hort. Sci. 69(2): 377-383.

Awang, Y. B. and J. G. Atherton. 1995. Effect of plant size and salinity on the growth and fruiting of glasshouse strawberry. J. Hort. Sci. 70(2): 257-262.

Awang, Y. B., J. G. Atherton, and A. J. Taylor. 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. II. Fruit quality. J. Hort. Sci. 68(5): 791-795.

Azad, M. A., N. Islam, and K. Ishikawa. 2010. Quartz porphyry treatment alters irrigation water chemistry, affecting hydroponic vegetable production. J. Plant Nutr. 33(11): 1712-1731.

Aziz, I., R. Ahmed, and N. Javed. 1995. Effect of insecticides and plant leaf extracts as root dip treatment on *Meloidogyne javanica* infecting eggplant (*Solanum melongena* L.). Pakistan Journal of Phytopathology 7(1): 68-70. c. a. Hort. Abstr. 66(5): 4199; 1996.

Baba, M. Y. et al. 2006. Agronomic response of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) to CO_2 enrichment in greenhouses with static ventilation. Acta Hort. 719: 521-528.

Bakker, J. C. 1989. The effects of air humidity on growth and fruit production of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Hort. Sci. 64: 41-46.

Bakker, J. C. 1989. The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Hort. Sci. 64: 313-320.

Bakker, J. C. 1990a. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Hort. Sci. 65: 323-331.

Bakker, J. C. 1990b. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse eggplant (*Solanum melongena* L.). J. Hort. Sci. 65: 747-753.

Bakker, J. C. and C. Sonneveld. 1988. Calcium deficiency of glasshouse cucumber as affected by environmental humidity and mineral nutrition. J. Hort. Sci. 63: 241-246.

Bakker, J. C., G. W. H. Welles and J. A. M. van Uffelen. 1987. The effects of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumber. J. Hort. Sci. 62: 363-370.

Ball, V. (Ed.). 1985. (14th ed.). Ball red book: greenhouse growing. Reston Pub. Co., Reston, Virginia. 720 p.

Banda, H. J. and R. J. Paxton. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. Acta Horticulturae No. 288: 194-198.

Baptista, F. J., B. J. Bailey, and J. F. Meneses. 2008. Comparison of humidity conditions in unheated tomato greenhouses with different natural ventilation

management and implications for climate and *Botrytis cinerea* control. Acta Hort. 801: 1013-1020.

Bar-Tal, A. et al. 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse peper. I. Effects of nitrogen concentration and NO_3: NH_4 ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. HortScience 36(7): 1244-1251.

Bar-Tal, A., B. Afoni, L. Karni, and R. Rosenberg. 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. Effects of Nitrogen concentration and NO_3: NH_4 ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. HortScience 36(7): 1252-1259.

Bar-Tal, A. et al. 2006. Effects of an evaporative cooling system on greenhouse climate, fruit disorders and yield in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 81(4): 599-606.

Bascetlincelik, A., K. Abak, N. Baytorun, H. H. Özturk, and Ö. Altuntas. 1994. The effects of double covered roof and thermal screens on internal solar radiation and tomato plant growth in plastic house. Acta Horticulturae No. 366: 141-148.

Behboudian, M. H. and C. Tod. 1995. Postharvest attributes of 'Virosa' tomato produced in an enriched carbon dioxide environment. HortScience 30(3): 490-491.

Behboudian, M. H. and R. Lai. 1994. Carbon dioxide in 'Virosa' tomato plants; responses to enrichment duration and temperature. HortScience 29: 1456-1459.

Belbahri, L., G. Calmin, F. Lefort, G. Dennler, and A. Wigger. 2007. Assessing efficacy of ultra-filtration and bio-filtration systems used in soilless production through molecular detection of *Pythium oligandrum* and *Bacillus subtilis* as model organisms. Acta Hort. 747: 97-105.

Benoit, F. and N. Ceustermans. 1997. Capsicums in soilless culture. Root cooling suppresses blossom-end rot. (In Nl). Proeftuinnieuws 7(10): 14-15. c. a. Hort. Abstr. 68(4): 3180, 1998.

Benoit, F. and N. Ceustermans. 2001. Impact of root cooling on blossom end rot in soilless paprika. Acta Hort. No. 548: 319-325.

Ben-Yakir, D., M. Teitel, J. Tanny, M. Chen, and M. Barak. 2008. Optimizing ventilation of protected crops while minimizing invasion by whiteflies and thrips. Acta Hort. No. 797: 217-222.

Berkelmann, B., W. Wohanka, and G. A. Wolf. 1994. Characterization of the bacterial flora circulating nutrient solutions of a hydroponic system with rockwool. Acta Hort. No. 361: 372-381.

Bialczyk, J., Z. Lechowski, D. Dziga, and E. Mej. 2007. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ammonium as the nitrogen source. J. Plant Nutr. 30(1): 149-161.

Black, L. L., S. K. Green, G. L. Hartman, and J. M. Poulos. 1991. Pepper diseases: a field guide. Asian Veg. Res. Dev. Centre, AVRDC Pub. No. 91-347. 98 p.

Blain, J., A. Gosselin, and M. J. Trudel. 1987. Influence of HPS supplementary lighting on growth and yield of greenhouse cucumbers. HortScience 22: 36-38.

Blom, T. J., W. A. Straver, F. J. Ingratta, S. Khosla, and W. Brown. 2003. Carbon dioxide in greenhouses. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, Ontario. Factsheet. The Internet.

Blom-Zandstra, M., S. A. Vogelzang, and B. W. Veen. 1998. Sodium fluxes in sweet pepper exposed to varying sodium concentrations. J. Exp. Bot. 49(328): 1863-1868.

Boatfield, G. and I. Hamilton. 1990. Calculations for agriculture and horticulture. Farming Pr., Suffolk, England. 116 p.

Boehme, M., J. Schevtschenko, and I. Pinker. 2005. Effect of biostimulators on growth of vegetables in hydroponical systems. Acta Hort. No. 697: 337-344.

Boivin, C., A. Gosselin, and M. J. Trudel. 1987. Effect of supplementary lighting on transplant growth and yield of greenhouse tomato. HortScience 22: 1266-1268.

Bonachela, S., J. A. Vargas, and R. A. Acuna. 2005. Effect of increasing the dissolved oxygen in the nutrient solution to above-saturation levels in a greenhouse watermelon crop grown in perlite bags in a Mediterranean area. Acta Hort. No. 697: 25-32.

Boodley, J. W. 1981. The commercial greenhouse handbook. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y. 568 p.

Boyhan, G. E., D. Granberry, and W. T. Kelley. 2000. Greenhouse vegetable production. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service. Bulletin 1182. The Internet.

Bracy, R. P., H. A. Hobbs, and D. Dufresne. 1996. *Phytophthora* blight in bell pepper – can it be controlled? Louisiana Agriculture 39(3): 18-19.

Bres, W. and L. A. Weston. 1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium,

and water retention and tomato growth in a soiless medium. HortScience 28(10): 1005-1007.

Bucklin, R. A. 2001. Physical greenhouse design considerations – Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. 2. University of Florida, IFAS Extension. 8 p. The Internet.

Bucklin, R. A., J. D. Leary, D. B. McConnell, E. G. Wilkerson. 2004. Fan and pad greenhouse evaporative cooling systems. University of Florida, IFAS Extension. 10 p. The Internet.

Buffington, D. E., R. A. Bucklin, R. W. Henley, and D. B. McConnell 2002 Greenhouse ventilatinn. University of Florida, IFAS Extension. 7 p. The Internet.

Buffington, D. E., R. A. Bucklin, R. W. Henley, and D. B. McConnell. 2002. Heating greenhouses. University of Florida, IFAS Extension. 9 p. The Internet.

Buffington, D. E., R. A. Bucklin, R. W. Henley, and D. B. McConnel. 2002 Maintenance guide for greenhouse ventilation, evaporative cooling and heating systems. University of Florida, IFAS Extension. 6 p. The Iuternet.

Bulder, H. A. M., A. P. M. den Nijs, E. J. Speek, P. R. vau Hasselt, and P. J. C. Kuiper 1991. The effect of low root temperature on growth and lipid composition of low temperature tolerant rootstock genotypes for cucumber. Journal of Plant Physiology 138(6): 661-666.

Burrage, S. W. 1993. Nutrient film technique in protected cultivation. Acta Horticulturae No. 323: 23-38.

Burzyński, M. and J. Buczek. 1997. The effect of Cu^{2+} on uptake and assimilation of ammonium by cucumber seedlings. Acta Phys. Plantarum 19(1): 3-8

Buyanovsky, G., J. Gale and N. Degani. 1981. Ultra-violet radiation for the inactivatiou of microorganisms in hydroponics. Plant and Soil 60: 131-136.

Buysens, S., M. Höfte, and J. Poppe. 1993. Control of *Pythium* spp. in nutrient film technique systems with fluorescent pseudonads. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent 58(3b). 1279-1286. c. a. Hort Abstr. 65: 2188; 1995.

Café-Filho, A. C. and J. M. Duniway. 1995. Dispersal of *Phytophthora capsici* and *P. parasitica* in furrow-irrigated rows of bell pepper, tomato and squash. Plant Path. 44(6): 1025-1032.

Café-Filho, A. C. and J. M. Duniway. 1995. Effects of furrow irrigation schedules and host genotypes on Phytophthora root rot of pepper. Plant Dis. 79(1): 39-43.

Café-Filho, A. C. and J. M. Duniway. 1996. Effect of location of drip irrigation emitters and position of *Phytophthora capsici* infections in roots on Phytophthora root rot of pepper. Phytopathology 86: 1364-1369.

Campiotti, C. A., P. Rocchi, M. F. Salice, and R. Taggi. 1991. Yield of cucumber and zucchini cvs. Under non-heated greenhouse with different covers. Acta Horticulturae No. 287: 443-450.

Cantliffe, D. J., N. L. Shaw, S. K. Saha, and N. Gruda. 2007. Greenhouse cooling for production of peppers under hot-humid summer conditions in a hight roof passive-ventilated greenhouse. Acta Hort. No. 761: 41-48.

Carmi, A. 1993. Effects of shading and CO_2 enrichment of photosynthesis and yield of winter grown tomatoes in subtropical regions. Photosynthetica 28(3): 455-463.

Carpenter, T. D. 1982. Analyzing and managing nutrition of vegetables grown in upright polyethylene bags. J. Plant Nutrition 5: 1083-1089.

Carrai, C. 1993. Root-rot of lettuce grown in NFT cultivation. (In Italian with English summary). Colture Protette 22(6): 77-81. (c. a. Rev. Plant Path. 73: 2947; 1994).

Castaldi, R. 1999. Possibility of biological control on aubergine. (In Italian). Informatore Agrario 55(46): 77-79. c. f. Hort. Abstr. 70: Abstr. 5086; 2000.

Castro, R. S., C. M. S. Borges Azevedo, and F. Bezerra-Neto. 2006. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in northeast Brazil. Sci. Hort. 110(1): 44-50.

Cave, C. R. J. 1991. The effect of intermittent irrigation with cold nutrient solution on the growth of tomato seedlings propagated in rockwool. J. Hort. Sci. 66: 871-878.

Cebula, A. 1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. Acta Hort. No. 412: 321-329.

Cebula, S., A. Kalisz, and E. Kunicki. 1998. Canopy formation of sweet pepper plants to one main shoot in greenhouse production. Folia Hort. 10(2): 35-44.

Cerda, A. and V. Martinez. 1988. Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. J. Hort. Sci. 63: 451-458.

Challa, H. 1980. Physiological aspects of radiation heating in glass house culture. Groenten en Fruit 36(8): 38-39.

Chambers, R. J., S. Long, and N. L. Helyer. 1993. Effectiveness of *Orius laevigatus*

(Hem.: Anthocoridae) for the control of *Frankliniella occid* ..., on cucumber and pepper in the UK. Biocontrol Science and Technology 3(3): 295-307. (c. a. Hort. Abstr. 65: 3046; 1995).

Chao, Y. C. and Y. L. Chen. 1997. Influence of fluorescent pseudomonads isolated from eggplant roots on the growth and the disease development of bacterial wilt of eggplant. Bulletin of National Pingtung Polytechnic Institute 6(2): 101-112. c. a. Rev. Plant Path. 77(6): 4941, 1999.

Chao, J. Y., B. S. Seo, and S. J. Chung. 1997. Screening and isolation of effective antagonistic rhizobacteria in hydroponics. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(6): 659-665. c. a. Rev. Plant Pathol 77: Abstr 4002; 1998.

Chartzoulakis, K. S. 1991. Effects of saline irrigation water on germination, growth and yield of greenhouse cucumber. Acta Hort. 287: 327-334.

Chartzoulakis, K. S. 1992. Effects of NaCl salinity on germination, growth and yield of greenhouse eucumber. J. Hort. Sci. 67: 115-119.

Chartzoulakis, K. S. 1994. Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. Scientia Hort. 59(1): 27-35.

Chartzoulakis, K. S. 1995. Salinity effects on fruit quality of cucumber and eggplant. Acta Horticulturae No. 379: 187-192.

Chartzoulakis, K. S. and M. H. Loupassaki. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. Agricultural Water Management 32(3): 215-225. c. a. Hort. Abstr 67(10): 8615; 1997.

Chen. C. C. and R. S. Lin. 1998. Development and performance test of misting cooling system for greenhouse. J. Agric. Forestry 47(2): 15-27.

Cherif, M. and R. R. Belanger. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculationg nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. Plant Disease 76: 1008-1011.

Chérif, M., J. G. Menzies, D. L. Ehret, C. Bogdanoff, and R. R. Bélanger. 1994. Yield of cucumber infected with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon. HortScience 29(8): 896-897.

Chérif, M., Y. Tirilly, and R. R. Bélnger. 1997. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipid peroxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium* F under hydroponic conditions. Europ. J. Plant Pathol. 103(3): 255-264.

Chew-Madinaveitia, Y. L., E. Zavaleta-Mejia, F. Del-Gadillo-Sanchez, R. Valdivia-Alacala, M. R. Pena-Martinez, and E. Cardenas-Soriano. 1995. Evaluation of control strategies for virus diseases of pepper (*Capsicum annuum* L.). (In Spanish with English summary). Fitopatologia 30(2): 74-84. c. a. Hort. Abstr. 66(7): 5999, 1996.

Chi, S. H. and G. S. Han. 1994. Effect of nitrogen concentration in the nutrient solution during the first 20 days after planting on the growth and fruit yield of tomato plants. Journal of Korean Soc. Hort. Sci. 35(5): 415-420. (c. a. Hort. Abstr. 65: 2184, 1995).

Choe, J. S., Y. C. Um, K. H. Kang, and W. S. Lee. 1994. The effects of night temperature and duration of the nursery period on the quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling. (In Korean with English summary) J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(1): 1-11. c. a. Hort. Abstr. 65(12): 10777; 1995.

Chung, S. J., J. Y. Cho, B. S. Lee, and B. S. Seo. 1994. Effects of ionic strength of nutrient solution on the growth and yield of cucumber plant grown by deep flow technique (DFT). (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(4): 289-293. (c. a. Hort. Abstr. 65: 5907; 1995).

Claussen, W. and F. Lenz. 1995. Effect of ammonium and nitrate on net photosynthesis, flower formation, growth and yield of eggplants (*Solanum melongena* L.). Plant and Soil 171(2): 267-274.

Cochran, H. L. 1941. Growth of the Perfection pimiento fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38: 557-562.

Cochran, H. L. 1963. A qualitative study of some anatomical constituents of the raw Pimiento fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83: 613-617.

Cockshull, K. E. and L. C., Ho. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. J. Hort. Sci. 70(3): 395-407.

Cockshull, K. E., C. J. Graves, and C. R. J. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 67: 11-24.

Cockshul, K. E., L. C. Ho, and J. B. Fenlon. 2001. The effect of the time of taking side shoots on the regulation of fruit size in glasshouse tomato crops. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76(4): 474-483.

Collins, W. L. and M. H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983. technology overview. The environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 199 p.

Colombo, A., S. Nucifora, M. T. Nucifora, and M. Calabro. 1992. Use of *Bombus*

terrestris in the pollination of tomato. (In Italian). Colture Protette 21(12): 75-81. c. a. Hort. Abstr. 63: Abstr. 7682; 1993.

Colombo, A., O. Sortino, S. Cosentino, A. Nucifora, and B. Barbarossa. 1995. Application of predatory fungi (*Arthrobotrys* spp.) for the control of root knot nematodes on egg-plant in an unheated plastic house. (In Italian with English summary). Nematologia Mediterranea 23(suppl) 149-152. c. a. Hort. Abstr 67(1): 434; 1997.

Coltman, R. R. and S. A. Riede. 1992. Monitoring the potassium status of greenhouse tomatoes using quick petiole sap tests. HortScience 27: 361-364.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Seed germination of seven pepper cultivars at constant or alternating high temperatures. J. Hort. Sci. 64: 705-710.

Cooper, A. 1982. Nutrient film technique. The English Language Book Society, London, 185 p.

Cornillon, P. and A. Palloix. 1995. Impact of substrate salinity and root temperature on peper growth and nutrition. Fruits (Paris) 50(6): 421-426, 469-471. c. a. Hort. Abstr. 67(4): 3134, 1997.

Cornillon, P. and A. Palloix. 1997. Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. J. Plant Nutr. 20(9): 1085-1094.

Costa, H. S., K. L. Robb, and C. A. Wilen. 2001. Increased persistence of *Beauveria bassiana* spore viability under high ultraviolet-blocking greenhouse plastic. HortScience 36(6): 1082-1084.

Costa, H. S., J. Newman, and K. L. Robb. 2003. Ultraviolet-blocking greenhouse plastic films for management of insect pests. HortScience 38(3): 465.

Cramer, M. D. and S. H. Lips. Enriched rhizosphere CO_2 concentrations can ameliorate the influence of salinity on hydroponically grown tomato plants. Physiologia Plantarum 94(3): 425-432.

Cribb, D. M., D. W. Hand, and R. N. Edmondson. 1993. A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. J. Hort. Sci. 68: 79-88.

Dag, A. and Y. Kammer. 2001. Comparison between the effectiveness of honey bee (*Apis mellifera*) and bumble bee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). Amer. Bee J. 141(6): 447-448.

Daniell, I. R. and C. L. Falk. 1994. Economic comparison of *Phytophthora* root rot control methods. Crop Protection 13(5): 331-336.

Daum, D. and M. K. Schenk. 1996. Gaseous nitrogen losses from a soilless culture system in the greenhouse. Plant and Soil 183(1): 69-78.

David, P. P., P. V. Nelson, and D. C. Sanders. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. Journal of Plant Nutrition 17(1): 173-184.

DeCal, A., S. Pascual, and P. Melgarejo. 1997. Involvement of resistance induction by *Penicillium oxalicum* in the biocontrol of tomato wilt. Plant Pathology 46(1): 72-79.

De Jonghe, K., D. Hermans, and M. Hofte. 2007. Efficacy of alcohol alkoxylate surfactants differing in the molecular structure of the hydrophilic portion to control *Phytophthora nicotianae* in tomato substrate culture. Crop. Protection 26(10): 1524-1531.

Del Amor, F. M. and M. D. Gómez-López. 2009. Agronomical response and water use efficiency of sweet pepper plants grown in different greenhouse subtrates. HortScience 44: 810-814.

Delfine, S., A. Alvino, M. C. Villani, G. Santarelli, F. Loreto, and M. Centritto. 2000. Agronomic and physiological aspects of salinity stress on a field-grown tomato crop. Acta Hort. No. 537(vol. 2): 647-654.

Deli, J., Z. Matus, and J. Szabolcs. 1992. Carotenoid comparison in the fruit of black paprika (*Capsicum annuum* variety *longum nigrum*) during ripening. J. Agric. Food Chem. 40(11): 2072-2076.

Demers, D.-A., M. Dorais, and A. P. Papadopoulos. 2007. Yield and russeting of greenhouse tomato as influenced by leaf-to-fruit ratio and relative humidity. HortScience 42: 503-507.

Demiral, M. A. et al. 2005. Effect of potassium on yield, fruit quality, and chemical composition of greenhouse-grown galia melon. J. Plant Nutr. 28(10: 93-100.

Devlin, R. M. 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand Co., N. Y. 600 p.

Dhanvantari, B. N. and A. P. Papadopoulos. 1995. Suppression of bacterial stem rot (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) by a high potassium-to-nitrogen ratio in the nutrient solution of hydroponically grown tomato. Plant Disease 79(1): 83.

Diaz, B. M. et al. 2006. Impact of ultraviolet-blocking plastic films on insect vectors of virus diseases infesting crisp lettuce. HortScience 41(3): 711-716.

Dieleman, J. A. and E. Heuvelink. 1992. Factors affecting the number of leaves preceeding the first inflorescence in the tomato. J. Hort. Sci. 67: 1-10.

Diez, M. J. et al. 1999. Tomato production under mesh reduces crop loss to tomato spotted wilt virus in some cultivars. HortScience 34(4): 634-637.

Dik, A. T. and Y. Elad. 1999. Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. Europ. J. Plant Pathol. 15(2): 129-137.

Dik, A. J., M. A. Verhaar, and R. R. Bélanger. 1998. Comparison of three biological control agents against cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in semi-commercial-scale glasshouse trials. Europ. J Plant Pathol. 104(4): 413-423.

Dodson, M., J. Bechmann, and P. Williams. 2002. Organic greenhouse tomato production. ATTRA Publication No. IP 190/197. 22 p. The Internet

Dogo, M., H. Toyoda, K. Matsuda, M. Bingo, Y. Naoki, Y. Kato, Y. Matsuda, Y. Tampo, and S. Ouchi. 1997. Control of bacterial wilt of tomato in hydroponic culture by 3-indolepropionic acid and its detoxification in tomato plants (In Japanese with English summary). Annals of the Phytopathological Society of Japan 63(5): 406-408. c. a. Rev. Plant Pathol. 77: Abstr. 4025; 1998

Dominguez, E., J. Curatero, and R. Fernándes-Muñoz. 2002. Reduced container volume increases tomato pollen fertility at low ambient temperatures. J Amer Soc. Hort. Sci. 127(1): 32-37.

Dorais, M., D. A. Demers, A. P. Papadopoulos, and W. V. Ieperen. 2004. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. Hort. Rev. 30: 163-184.

Douglas, J. S. 1985. Advanced guide to hydroponics. Pelham Books, London. 368 p.

Duffus, J. E., R. C. Larsen and H. Y. Liu. 1986. Lettuce infectious yellows virus – a new type of whitefly transmited virus. Phytopathology 76: 97-100

Duffy, B. K. and G. Défago. 1999. Macro- and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in soilless production system. HortScience 34(2): 287-291.

Dukes, P. D., Sr. and R. L. Fery. 1997. 'Charleston Hot', a southern root-knot nematode-resistant, yellow-fruited cayenne pepper with a compact plant habit. HortScience 32(5): 947-948.

Dyśko, J., W. Kowalczyk, and S. Kaniszewski. 2009. The influence of pH of nutrient solution on yield and nutritional status of tomato plants grown in soilless culture system. Vegetable Crops Research Bulletin 70: 59-69.

Economakis, C. D. 1993. The influence of solution heating and intermittent solution circulation on the production of flowers and fruits of tomatoes in nutrient film culture. In: Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992; pp. 131-143. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c. a. Hort. Abstr. 65: 7091, 1995).

Eden, M. A., R. A. Hill, R. Beresford, and Å. Stewart. 1996. The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerca*. Plant Pathol. 45(4): 795-806.

Ehert, D. L. and L. C. Ho. 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture J. Hort. Sci. 61: 361-367.

Ehret, D. L., B. J. Zebarth, J. Portree, and T. Garland. 1998. Clay addition to soilless media promotes growth and yield of greenhouse crops. HortScience 33(1): 67-70.

Ehret, D. L. et al. 2010. Effects of oxygen-enriched nutrient solution on greenhouse cucumber and pepper production. Sci. Hort. 125(4): 602-607.

El-Aidy, F. 1991. The effects of planting date, density, variety and shade on production of cucumber under tunnels. Acta Horticulturae No. 287: 281-288.

El-Behairy, U. A., A. F. Abou-Hadid, A. S. El-Beltagy, and S. W. Burrage. 1991. Intermittent circulation for earlier tomato yield under nutrient film technique (NFT). Acta Horticulturae No. 287: 267-272.

El-Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier, N. Benhamou, A. Asselin, and R. Bélanger. 1994. Effect of chitosan on cucumber plants: suppression of *Pythium aphanidermatum* and induction of defense reactions. Phytopathology 84(3): 313-320.

Elia, A., G. Conversa, F. Serio, and P. Santamaria. 1997. Response of eggplant to NH_4NO_3 ratio, pp. 167-180. In: Proceedings of the 9th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture Wageningen, Netherlands.

Elings, A., E. Meinen, J. Campen, C. Stanghellini, and A. de Gelder. 2007. The photosynthesis response of tomato to air circulation. Acta Hort. No. 761: 77-84.

Ellil, A. H. A. A., N. G. H. Awad, and S. T. A. El-Haleem. 1998. Biocontrol of vegetable root rot disease by *Trichoderma harzianum* and *T. viride*: role of

sugars and amino acids in host resistance. African Journal of Mycology and Biotechnology 6(2): 25-41.

Elmer, W. H. and F. J. Ferrandino. 1991. Effect of black plastic mulch and nitrogen side-dressing on verticillium wilt of eggplant. Plant Dis. 75: 1164-1167

El-Saeid, H. M., R. M Imam, and S. M Abd El-Halim. 1996. The effect of different night temperatures on morphological aspects, yield parameters and endogenous hormones of sweet pepper. Egypt. J. Hort. 23(2): 145-165.

El-Sayed, H. 1992. Proline metabolism during water stress in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) plant. Phyton (Horn) 32(2): 255-261. c. a. Hort. Abstr 65(1): 400; 1995.

Eltez, R. Z. and Y. Tuzel. 1994. Effects of different mulch materials on yield and quality of greenhouse tomato crop. Plasticulture No. 103 23-25.

Erickson, A. N. and A H. Markhart. 2001. Flower production, fruit set, and physiology of bell pepper during elevated temperature and vapor pressure deficit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(6): 697-702.

Escobar, I. and M. Garcia. 1995. Trials on soiless culture of peppers in plastic-house. Acta Hort. No. 412: 342-347.

Etoh, T. 1994. Recent studies on leaf, flower, stem and root vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64(2): 121-129.

Evans-McLeod, D. 1993. The effects of total ion concentration and flow rate on lettuce growth. In: Proceddings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992; pp. 145-163 International Society for Soilless Culture, Wageningen. (c. a. Hort. Abstr. 65: 6973; 1995).

Fahim, T. and Y. Henis. 1995. Quantitative assessment of the interaction between the antagonistic fungus *Talaromyces flavus* and the wilt pathogen *Verticillium dahliae* on eggplant roots. c. a. Rev. Plant Path. 75(3): 1802; 1996

Fallik, E., O. Ziv, S. Grinberg, S. Alkalai, and J. D. Klein. 1997 Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. Phytoparasitica 25(1): 41-43.

Fanasca, S. et al. 2006. Evolution of nutritional value of two tomato genotypes grown in soillss culture as affected by macro cationic proportions. HortScience 41(7): 1584-1588.

Fanasca, S., A. Martino, E. Heuvelink, and C. Stanghellini. 2007. Effect of electrical conduct ivity fruit pruning and truss position on quality in greenhouse tomato fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 82(3): 488-494.

Fang, W., T. Iwao, T. Fujiura, K. Takeyama, G. Im, and M. Iwasaki. 1995. Improvement of solution culture systems. Influence of components of an aeration nozzole on dissolved oxygen. Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery 57(1): 41-49. (c. a. Hort. Abstr. 65: 8547; 1995).

Fawe, A., M. Abou-Zaid, J. G. Menzies, and R. R. Belanger. 1998. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. Phytopathology 88: 396-401.

Ferentions, K. P., L. D. Albright, and D. V. Ramani. 2000. Optimal light integral and carbon dioxide concentration combinations for lettuce in ventilated greenhouses. J. Agric. Eng. Res. 77(3): 309-315.

Fernandez, J. E. and B. J. Bailey. 1994. The influence of fans on environmental conditions in greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research 58(3): 201-210. (c. a. Hort. Abstr. 65: 414; 1995).

Fernández, M. D., M. Gallardo, S. Bonachela, F. Orgaza, and R. B. Thompson 2005. Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80(1): 87-96.

Fery, R. L. and J. A. Thies. 1997. Evaluation of *Capsicum chinense* Jacq. cultigens for resistance to the southern root-knot nematode. HortScience 32(5): 823-926.

Fery, R. L., P. D. Dukes, Sr., and J. A. Thies. 1998. 'Carolina Wonder' and 'Charleston Belle': Southern root-knot nematode-resistant bell peppers. HortScience 33(5): 900-902.

Feuilloley, P., G. Issanchou, J. C. Jacques, S. Guillaume, C. Mekikdjian, J. F. Mirabella, and A. Merlot. 1994. Plasticulture No. 103: 2-10.

Fierro, A., N. Tremblay, and A. Gosselin. 1994. Supplemental carbon dioxide and light improved tomato and pepper seedling growth and yield. HortScience 29(3): 152-154.

Fletcher, J. T. 1984. Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351 p.

Forster, H., J. E. Adaskaveg, D. H. Kim, and M. E. Stanghellini. 1998. Effect of phosphate on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. Plant Disease 82(10): 1165-1170.

Foti, S., G. Mauromicale, and S. Cosentino. 1991. Effects of supplementary lighting on the biological and agronomic behaviour of snap bean, cucumber and summer squash in cold greenhouse. Acta Horticulturae No. 287: 51-58.

Francescangeli, N., J. Ferratto, A. Rosani, and P. Mareozzi. 1994. Greenhouse shading: effects on greenhouse environment and blossom-end rot incidence in spring-summer tomato. (In Spanish with English summary). Horticultura Argentina 13(33): 65-70. Rev. Plant Pathol. 74: Abstr. 7249; 1999.

Francescangeli, N., J. Ferratto, H. Busilacchi, and M. A. Lara. 1994. Greenhouse shading: Effects on microclimate and yield of summer-autumn tomatoes. (In Spanish with English summary). Horticultura Argentina 13(33): 58-64. (c. a. Hort. Abstr. 65: 7079; 1995).

Frost, D. J. and D. W. Kretchman. 1989. Calcium deficiency reduces cucumber fruit and seed quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 552-556.

Fujime, Y., N. Okuda, K. Kakibuchi, and K. Mori. 1991. Effects of solution level on plant growth and development of cherry tomato. (In Japanese with English summary). Technical Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagawa University 43(2): 111-118. (c. a. Hort. Abstr. 64: 4583; 1995).

Fukuda, N., K. Suzuki, and H. Ikeda. 2000. Effects of supplemental lighting from 23:00 to 7:00 on growth of vegetables cultured by NFT. In Japaoese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 69(1): 76-83.

Gagné, S., L. Dehbi, D. le Quéré, F. Cayer. J. L. Morin, R. Lemay, and N. Fournier. 1993. Increase of greenhouse tomato yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat-based growing media. Soil Biology & Biochemistry 25(2): 269-272.

Gaudreau, L., J. Charbonneau, L.-P. Vézina, and A. Gosselin. 1994. Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse lettuce. HortScience 29(11): 1258-1289.

Gázquez, J. C. et al. 2008. Greenhouse cooling strategies for mediterranean climate areas. Acta Hort. No. 801: 425-432.

Gent, M. P. N. 2007. Effect of degree and duration of shade on quality of greenhouse tomato. HortScience 42: 514-520.

Gent, M. P. N. 2008. Density and duration of shade affect water and nutrient use in greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 619-627.

Gent, M. P. N. and V. Malerba. 1994. Heating soil with hot air improves early yield and quality of greenhouse tomatoes. HortTechnology 4(3): 227-281.

Gold, S. E. and M. E. Stanghellini. 1985. Effects of temperature on pythium root rot of spinach grown under hydroponic conditions. Phytopathology 75: 333-337.

Goldberg, N. P., M. E. Stanghellini, and S. L. Rasmussen. 1992. Filtration as a method for controlling pythium root rot of hydroponically grown cucumbers. Plant Disease 76: 777-779.

Gomez, I., J. Navarro Pedreno, R. Moral, M. R. Iborra, G. Palacios, and J. mataix. 1996. Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient control and yield of sweet pepper plants. Journal of Plant Nutrition 19(2): 353-359.

Gomez, R., J. E. Pardo, F. Navarro, and R. Varõn. 1998. Colour differences in paprika pepper varieties (*Capsicum annuum* L.) cultivated in a greenhouse and in the open air. J. Sci. Food Agric. 77(2): 268-272.

Gosselin, A., F. P. Chalifour, M. J. Trudel, and N. G. Gendro. 1984. Effect of substrate temperature and nitrogen fertilization on growth, development, nitrogen content and nitrate reductase activity in tomatoes. Canad. J. Plant Science 64: 181-191.

Goto, E., A. J. Both, L. D. Albright, R. W. Langhans, and A. R. Leed. 1997. Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. Acta. Hort. No. 440: 205-210.

Gould, H. J. 1987. Protected crops. In: A. J. Burn, T. H. Coaker, and P. C. Jepson (Eds) Integrated Pest Management; pp. 403-424. Academic Pr., London.

Government of Alberta, Canda. 2007. Internal fruit rot of greenhouse peppers caused by *Fusarium lactis* – a new disease. The Greenhouse Business, November-December 2006. The Internet.

Grange, R. I. and D. W. Hand. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. J. Hort. Sci. 62: 125-134.

Gravel, V. et al. 2007. Control of greenhouse tomato root rot (*Pythium ultimum*) in hydroponic systems, using plant-growth-promoting microorganisms. Canad. J. Plant Pathol. 28(3): 474-475.

Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding, pp. 67-134. In: M. J. Bassett (Ed.). Breeding vegetable crops. Avi. Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Greer, L. 2000. Greenhouse IPM: sustainable aphid control. ATTRA, Pest Management Technical Note. The Internet.

Grosch, R. and D. Grote. 1998. Suppression of *Phytophthora nicotianae* by application of *Bacillus subtilis* in closed soilless culture of tomato plants. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 63(3): 103-109. c. a. Rev. Plant Pathol. 78: Abstr. 524; 1999.

Grote, D. and C. Bucsi. 1992. Control of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*

in tomatoes under glasshouse soilless culture conditions. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 57(4): 183-189. (c. a. Rev. Plant Pathol. 74: 2884; 1995).

Gunes, A., M. Alpaslan, and A. Inal. 1998. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. J. Plant Nutr. 21(10): 2035-2047.

Guo, X., M. W. van Iersel, J. R. Chen, R. E. Brackett, and L. R. Beuchat. 2002. Evidence of association of salmonellae with tomato plants grown hydroponically in inoculated nutrient solution. Appl. Environ. Microbiology 68(7): 3639-3643.

Han, X. B., R. Q. Li, J. B. Wang, and C. Miao. 1996. Effect of heat stress on pollen development and pollen viability of pepper. (In Chinese with English summary). Acta. Horticulturae Sinica 23(4): 359-364.

Hanan, J. J., W. D. Holley, and K. L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management Springer-Verlag, N. Y. 530 p.

Hand, D. W. and R. W. Soffe. 1971. Light-modulated temperature control and the response of greenhouse tomatoes to different CO_2 regimes. J. Hort. Sci. 46: 381-396.

Hand, D. W., J. W. Wilson, and M. A. Hannah. 1993. Light interception by a row crop of glasshouse peppers. J. Hort. Sci. 68(5): 695-703.

Hao, X. and A. P. Papadopoulos. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. HortScience 39(3): 512-515.

Hao, X. M., B. A. Hale, and D. P. Ormrod. 1997. The effects of ultraviolet-B radiation and carbon dioxide on growth and photosynthesis of tomato. Canadion J. Bot. 75(2): 213-219.

Hao, X., A. P. Papadopoulos, M. Dorais, D. L. Ehret, G. Turcotte, and A. Gosselin. 2000. Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying: effects on growth, photosynthesis, yield and quality. Acta Hort. No. 511: 213-221.

Hartz, T. K. and G. J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip-irrigated vegetables. HortTechnology 6(3): 168-172.

Hassan, A. A. and J. E. Duffus. 1990. A review of a yellowing and stunting disorder of cucurbits in the United Arab Emirates. Emir. J. Agric. Sci. 2: 1-16.

Hayashi, M., T. Sugahara, and H. Nakajima. 1998. Temperature and humidity

greenhouse with the evaporative fog cooling system. (In Japanese with English summary). Environment Control in Biology 36(2): 97-104.

He, J., P. T. Austin, and S. K. Lee. 2010. Effects of elevated root zone CO_2 and air temperature on photosynthetic gas exchange, nitrate uptake, and total reduced nitrogen content in aeroponically grown lettuce plants. J. Exp. Bot. 61(14): 3959-3969.

Hegde, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. ASPAC Food & Fertilizer Technology Cenetr (Taipei, Taiwan), Extension Bulletin No. 441. 9 p. c.a. Hort. Abstr. 68(8): 6768; 1998.

Hewitt, E. J. 1966. Sand and water culture methods in the study of plant nutrition. Commonwealth Agric. Bureaux, Faranham Royal, England. 547 p.

Heuvelink, E. and L. F. M. Marcelis. 1996. Influence of assimilate supply on leaf formation in sweet pepper and tomato. J. Hort. Sci. 71(3): 405-414.

Hidaka, K. et al. 2008. Production of high quality vegetables by applying low temperature stress to roots. Acta Hort. No. 801: 1431-1436.

Ho, L. C. and P. Adams. 1994. Regulation of the partioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. Annals of Botany 73(5): 539-545.

Ho, L. C. and D. J. Hand. 1997. Cultivar and cultural aspects of the prevention of blossom-end rot in tomato and pepper, pp. 197-205. In: Proceedings of the 9th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands.

Hochmuth, G. J. 1990. Production of greenhouse tomatoes – Florida green house vegetable production handbook. Vol. 3. The University of Florida, IFAS Extensin. The Internet.

Hochmuth, G. J. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. HortTechnology 4(3): 218-222.

Hochmuth, R. C. 2001. Greenhouse cucumber production – Florida greenhouse vegetable production handbook, Vol. 3. University of Florida, IFAS Extension. The internet.

Hochmuth, G. J. 2001a. Irrigation of greenhouse vegetables – Florida greenhouse vegetable production handbook, vol. 3. University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Hochmuth, G. J. 2001b. Fertilizer management for greenhouse vegetables – Florida greenhouse vegetable production handbook, Vol. 3. The University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Hochmuth, G. J., R. C. Hochmuth, M. E. Donley, and E. A. Hanlon. 1993. Eggplant yield in response to potassium fertilization on sandy soil. HortScience 28: 1002-1005.

Hochmuth, G. J. and R. C. Hochmuth. 2003. Keys to successful tomato and cucumber production in perlite media. University of Florida, IFAS Extension The Internet.

Hochmuth, G. J. and R. C. Hochmuth. 2004. Design suggestions and greenhouse management for vegetable production in perlite and rockwool media in Florida. University of Florida, IFAS. Extension. 39p. The Internet

Hogendoorn, K. and M. Keller. 2006. Current status of blue-banded bee research at the University of Adelaide. School of Agriculture and Wine, University of Adelaide, Anstralia. The Internet.

Hohjo, M., M. Ganda, T. Maruo, Y. Shinohara, and T. Ito. 2001. Effects of NaCl application on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Hort. No. 458: 469-475.

Holder, R. and K. E. Cockshull. 1990. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 65: 31-39.

Holtman, W., B. van Duijn, A. Blaakmeer, and C. Blok. 2005. Optimalization of oxygen levels in root systems as effective cultivation tool. Acta Hort. 697: 57-64.

Hopen, H. J. and S. K. Ries. 1962. The mutually compensating effect of carbon dioxide concentrations and light intensities on the growth of *Cucumis sativus* L Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 358-364.

Horinouchi, H. et al. 2008. Control of fusarium crown and root rot of tomato in a soil system by combination of a plant growth-promoting fungus, *Fusarium equiseti*, and biodegradable pots. Crop Protection 27(3-5): 859-864.

Hornero-Mendez, D. and M. I. Minguez-Mosquera. 1998. Isolation and indentification of the capsolutein from *Capsicum annuum* as cucurbitaxanthin A. J. Agric. Food Chem. 46(10): 4087-4090.

Hovi-Pekkanen, T. and R. Tahvonen. 2008. Effects of interlighting on yield and external fruit quality in year-round cultivated cucumber. Sci. Hort. 116(2): 152-161.

Huang, S. H., Y. S. Lin, and M. S. Kuo. 1994. Inoculum sources, spread and control of *Pythium* root rot of hydroponic vegetables (In Chinese with English summary). Plant Protection Bulletin (Taipei). 36(1): 41-52.

Hwang, B. K. and C. H. Kim. 1995. Phytophthora of pepper and its control in Korea. Plant Disease 79(3): 221-227.

Ikeda, H. and X. Tan. 1998. Urea as an organic source for hydroponically grown tomatoes in comparison with inorganic nitrogen sources. Soil Sci. Plant Nutr. 44(4): 609-615.

Ikeda, T., H. Yakushiji, M. Oda, A. Taji, and S. Imada. 1999. Growth dependence of ovaries of facultatively parthenocarpic eggplant *in vitro* on indole-3-acetic acid contenet. Scientia Horticulturae 79(3/4): 143-150.

Ilbi, H. and K. Boztok. 1994. The effects of different truss vibration durations on the pollination and fruit set of greenhouse grown tomatoes. Acta Horticulturae No. 366: 73-78.

Inoue, K. et al. 1994a. Introduction of iron III ammonium citrate into head lettuce (butter head type) using a water culture method (In Japanese with English summary). Jap. Soc. Nutr. Food Sci. 47(2): 144-147. c. a. Hort. Abstr. 66. Abstr. 375; 1996.

Inoue, K. et al. 1994b. Introduction of L-ascorbic acid into leaf vegetables using a water culture method. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Nutr. Food Sci. 47(2): 140-143. c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 374; 1996.

Inoue, K., H. Yokota, and K. Makita. 1995. Introduction of exogenous sodium ascorbate into lettuce (butter head type) grown hydroponically. (In Japanese with English summary). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 63(4): 779-785. (c. a. Hort. Abstr. 65: 5856; 1995).

Inoue, K., S. Kondo, A. Adachi, and H. Yokota. 2000. Production of iron enriched vegetables: effect of feeding time on the rate of increase in foliar iron content and foliar injury. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75(2): 209-213.

Ioslovich, I., I. Seginer, P O. Gutman, and M. Borschevsky. 1995. suboptimal CO_2 enrichment of greenhouse. Journal of Agricultural Engineering Research 60(2): 117-136. (c. a. Hort. Abstr. 65: 8548; 1995).

Islam, M. S., T. Matsui, and Y. Yoshida. 1995. Effect of increased amount of carbon dioxide on soluble sugar concentration and activity of related enzymes during tomato fruit development. Environment Control in Biology 33(3): 185-190.

Islam, M. S., T. Matsui, and Y. Yoshida. 1995. Effect of preharvest carbon dioxide enrichment on the postharvest quality of tomatoes. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64(3): 649-655.

Islam, M. S., T. Matsui, and Y. Yoshida. 1996. Effect of carbon dioxide enrichment

on physico-chemical and enzymatic changes in tomato fruit [illegible] stages of maturity. Sci. Hort. 65 (2-3): 137-149.

I[illegible] S. Z., Y. H[illegible], and S. A[illegible]. 1998. Light-induced [illegible] broad bean [illegible] J. Phytopathol. 146 [illegible]

I[illegible], S. Z., M. B[illegible], and Y. [illegible] 2002. Effect [illegible] of pepper, [illegible] and tomato on the [illegible] J. [illegible] Sci. [illegible] 678-681.

Islam, S. Z., M. Babadoost, K. S. Bekal, and K. Lambert. 2008. Red light-induced systemic disease resistance against root knot nematode [illegible] DC 3000. J. Phytopath. [illegible]

I[illegible], S. et al. 2010. Growth and fruit quality responses of [illegible] cultivated eggplant to mineral controlled [illegible] J. Pl. Nut. 33 (13): 1970-1979.

I[illegible] A. E. and M. M. A. You[illegible] 1997. Influence of [illegible] on the development and reproduction of [illegible] plant and H[illegible] Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 70 (3): 58-61. [illegible] Hort. Abstr. 67 [illegible]

Itani, Y., Y. Yoshida, and Y. Fujime. 1998a. Effects of CO_2 enrichment on growth, yield and fruit quality of strawberry grown with rockwool (Japanese, English summary). Environment Control in Biology 36 (3): 125-129.

Itani, Y., Y. Yoshida and Y. Fujime. 1998b. Effects of CO_2 enrichment on the absorption of water and mineral nutrients in strawberry grown in NFT (Japanese, English summary). Environment Control in Biology 36 (3): 145-150.

Jaafar, H., C. R. Black, and J. G. Atherton. 1994. Water relations, dry matter distribution and reproductive development of pepper. [illegible] Aspects of Applied Biology No. 38: 299-306.

Jackson, M. B., P. S. Blackwell, J. R. Chrimes and T. V. Sims. 1984. Poor aeration in NFT and a means for its improvement. J. Hort. Sci. 59: 439-448.

Jang, H. G. and S. S. Chung. 1998. Cultivar differences in dry matter production and potentially-grown fruits of sweet pepper [illegible] in rockwool culture. J. Korean Soc. Hort. Sci. 39 (6): 676-679. [illegible] Hort. Abst. 69 (5): 4102, 1999.

Jarvis, W. R. 1989. Managing diseases in greenhouse crops. Plant Disease 73: 190-194.

Jensen, M. H. 1997. Hydroponics. HortScience 32 (6): 1018-1021.

Jeong, C. S., K. C. Yoo, and M. Nagaoka. 1994. Effects of CO_2 enrichment on net photosynthesis in *Capsicum annuum* L. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort Sci. 35(6): 581-586. (c. a. Hort. Abstr. 65: 4074; 1995).

Jeong, C. S., K. C. Yoo, M. Nagaoka, and S. Imada. 1995. Effect of light intensities, night temperatures and CO_2 treutments on production of mature-green peppers. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 36(2): 211-217. c. f. Hort. Abstr. 65: Abstr. 8943; 1995.

Jett, L. W. 2008. High tunnel melon and watermelon production. University of Missouri Extension. The Internet.

Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, and T. Yoshihara. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortScience 45: 1809-1814.

Johnson, H. 1979. Hydroponics: guide to soilless culture systems. Div. Agric. Sci., Univ. Calif. Leaflet No. 2947. 15 p.

Johnson, H. 2007. Soilless culture of greenhouse vegetables. UC Davis, Vegetable Research and Information Center. The Internet.

Johnson, D. and D. E. Knavel. 1990. Inheritance of cracking and scarring in pepper fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 172-175.

Johnson, C. D. and D. R. Decoteau. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects Jalapeno pepper plant growth, pod yield, and pungency. HortScience 31(7): 1119-1123.

Jones, J. B. 1982. Hydroponics its history and use in nutrition studies. J. Plant Nutrition 5: 1003-1030.

Jones, P. H. 2001. Greenhouse environmental design considerations. In: G. Hochmuth and R. Hochmuth (eds). Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. II. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciencies, University of Florida. The Internet.

Jones, R. W., Jr., L. M. Pike, and L. F. Yourman. 1989. Salinity inffuences cucumber growth and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 547-551.

Jovicich, E. and D. J. Cantliffe. 2004. Salts deposited on the lower stem of bell pepper contribute to a basal stem disorder in soilless, greenhouse-grown plants. HortScience 39(1): 36-39.

Jovicich, E. and D. J. Cantliffe. 2006. "Elephant's" foot, basal stem disorder in greenhouse-grown bell peppers. University of Florida IFAS Extension 10 p. The Internet.

Jovicich, E., D. J. Cantliffe, and G. J. Hochmuth. 1999. "Elephant's" foot, a plant disorder in hydroponic greenhouse sweet pepper. Proc. Florida State Hort. Soc. No. 112: 310-312.

Jovicich, E., D. J. Cantliffe, and P. J. Stoffella. 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system. HortTechnology 14(4): 507-513.

Jung, H. B., T. Ito, and T. Maruo. 1994. Effects of shading and NO : NO_4 ratios in the nutrient solution on the growth and yield of pepper plants in nutrient film technique culture. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 63(2): 371-377. (c. a. Hort. Abstr. 65: 2156, 1995).

Kanahama, K. 1994. Studies on fruit vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64(1): 1-15.

Kaniszewski, S. et al. 2010. Effect of nitration of organic materials on nitrogen availability and yield of tomato soilless culture. Vegetable Crops Research Bulletin 72: 71-81.

Kano, K., T. Fujimura, T. Hirose, and Y. Tsukamoto. 1957. Studies on the thickening growth of garden fruits. I. On the cushaw, eggplant and pepper. Kyoto Univ. Res. Inst. Food Sci. Mem. 1957(12): 45-90 (Bib. Agr. 21: Abstr. No. 72342).

Kasrawi, M. 1989. Response of cucumbers grown in plastic greenhouse to plant density and arrangement. J. Hort. Sci. 64: 573-579.

Katsoulas, N., D. Savvas, I. Tsirogiannis, O. Merkouris, and C. Kittas. 2009. Response of an eggplant crop grown under Mediterranean summer conditions to greenhouse for cooling. Sci. Hort. 123(1): 90-98

Kenig, A. and S. Kramer. 1999. Decision model to determine nighttime temperature for muskmelons grown under elevated CO_2 levels. Acta Hort. No 507: 301-309.

Khalil, S., M. Hultberg, and B. W. Alsanius. 2009. Effects of growing medium on the interactions between biocontrol agents and tomato root pathogens in a closed hydroponic system. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84(5): 489-494.

Khan, E. M. and H. C. Passam. 1992. Sodium hypochlorite concentration, temperature, and seed age influence germination of sweet pepper. HortScience 27(7): 821-823.

Kim, H. T. et al. 1997. Characteristics of *Cucurbita* spp. for use as cucumber rootstock. (In Korean with English summary). RDA J. Hort. Sci. 39(2): 8-14. (Plant Breed. Abstr. 68(9): 9627; 1998).

King, A. and S. Kramer. 2000. CO_2 enrichment in greenhouse production: practice and bottlenecks. Acta Hort. No. 534: 221-230.

Kittas, C., M. Tchamitchian, N. Katsoulas, P. Karaiskou, and Ch. Papaionnou. 2006. Effect of two UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. Sci. Hort. 110(1): 30-37.

Klieber, A., W. C. Lin, P. A. Jolliffe, and J. W. Hall. 1993. Training systems affect canopy light exposure and shelf life of long English cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 786-790.

Kim, S. H., Y. H. Kim, Z. W. Lee, B. D. Kim, and K. S. Ha. 1997. Analysis of chemical constituents in fruits of red pepper (*Capsicum annuum* L. cv. *Bugang*). (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(4): 384-390.

Kim, K. D., S. Nemec, and G. Musson. 1997. Effects of composts and soil microflora and phytophthora root crown rot of bell pepper. Crop Protection 16(2): 165-172.

Knewtson, S. J. B., R. Janke, K. A. Williams, and E. C. Carey. 2010. Trends in soil quality under high tunnels. HortScience 45: 1534-1538.

Knies, P. and J. J. G. Breuer. 1980. Infra-red radiation heating for glasshouse? Groenten en Fruit 36(8): 36-37.

Koning, A. N. M. de. 1988. The effects of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 36: 465-471.

Koontz, H. V., R. P. Prince, and R. F. Koontz. 1987. Comparison of fluorescent and high-pressure sodium lamps on growth of leaf lettuce. HortScience 22: 424-425.

Kratky, B. A., J. E. Bowen, and H. Imai. 1988. Observations on a noncirculating hydroponic system for tomato production. HortScience 23: 906-907.

Kring, T. B. and D. J. Schuster. 1992. Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches. Florida Entomologist 75: 119-129.

Kropezynska, D. and A. Tomczyk. 1996. Development of *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus cinnabarinus* Boisd populations on sweet pepper and *Phytoseiulus persimilis* (A.-H.)effectiveness in their control. Bull. OLLB/SROP 19(1): 71-74. c. a. Hort. Abstr. 67(1): 425; 1997.

Kudela, V., V. Krejzar, and I. Pánkova. 2010. *Pseudomonas corrugata* and

Pseudomonas marginalis associated with the collapse of tomato plants rockwool slab hydroponic culture. Plant Protection Science 46(1): 1-11.

Kurata, K. 1994. Cultivation of grafied vegetables II. Development of grafting robots in Japan. HortScience 29(4): 240-244.

Labbé, R. M., D. R. Gillespie, C. Cloutier, and J. Brodeur. 2009. Compatibility of an entomopathogenic fungus with a predator and a parasitoid in the biological control of greenhouse whitefly. Biocontrol Science and Technology 19(4): 429-446.

Lafontaine, P. J. and N. Benjamou. 1996. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biocontrol Science and Technology 6(1): 111-124.

Larsen, J. E. 1982. Growers problems with hydroponics. J. Plant Nutrition 5: 1077-1081.

Lechino, S., E. Zamski, and E. Tel-Or. 1997. Salt stress-induced responses in cucumber plants. J. Plant Phys. 150(1/2): 206-211.

Lee, J.-M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29(4): 235-239.

Lee, Y. B. and B. Y. Lee. 1994. Effect of long-term CO_2 enrichment on growth yield and quality in tomato. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(2): 103-110. c. a. Hort. Abstr. 65. Abstr. 9830; 1995.

Lee, Y. B. and B. Y. Lee. 199a., Effect of long-term CO_2 enrichment on leaf temperature, diffusion resistance, and photosynthetic rate in tomato plants. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(5): 421-428. (c. a. Hort. Abstr. 65: 2179; 1995).

Lee, Y. B. and B. Y. Lee. 1994b. Effect of long term CO_2 enrichment on chlorophyll, starch, soluble protein content, and RUBPCase activity in tomato plants. (In Korean with English summary). J. Korean Sco. Hort. Sci. 35(4): 309-317. (c. a. Hort. Abstr. 65: 6025; 1995).

Lee, E. H., S. K. Park, K. Y. Kim, and K. B. You. 1993. The effect of NO_3-N and NH_4 – N ratio on growth and yield of hydroponicall, grown cucumber (*Cucumis sativus* L.). (In Korean with English summary). RDA J. Agric. Sci., Horticulture 35(2): 390-395. (c. a. Hort. Abstr. 65: 4019, 1995).

Lee, T. H., A. Sugiyama, J. Ofosu-Anim, K. Takeno, H. Ohno, and S. Yamaki. 1997. Activation of sucrose-metabolizing enzymes and stimulation of sucrose

uptake by auxin and sucrose in eggplant (*Solanum melongena* L.). J. Plant Phys. 150(3): 297-301.

Lee, T. H., A. Sugiyama, K. Takeno, H. Ohno, and S. Yamaki. 1997. Changes in content of indole-3-acetic acid and in activities of sucrose-metabolizing enzymes during fruit growth in eggplant (*Solanum melongena* L.). J. Plant Phys. 150(3): 292-296.

Lee. T. W., E. H. Lee, J. S. Kwon, S. Y. Lee, and N. Y. Heo. 1997. Effects of different soil warming for each growing stage on growth and yield of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativas* L.). (In Korean with English summary). RAD J. Hort. Sci. 39(1): 9-15. c. a. Hort. Abstr. 68(4): 3124; 1998.

Lee, G. J., B. K. Kang, T. I. Kim, T. J. Kim, and J. H. Kim. 2007. Effects of different selenium concentrations of the nutrient solution on the growth and quality of tomato fruit in hydroponics. Acta Hort. No. 761: 443-448.

Lee, S. W. et al. 2010. *Pseudomonas* sp. LSW25R, antagonistic to plant pathogens, promoted plant growth, and reduced blossom-end rot of tomato fruit in a hydroponic system. Europ. J. Plant Pathol. 126(1): 1-11.

Leonaedi, C. and D. Romano. 1997. Control of fruiting in greenhouse aubergines. (In Italian with English summary). Colture Protette 26(7/8): 67-71. c. a. Hort. Abstr. 67(12): 10542, 1997.

Leonardi, C., S. Guichard, and N. Bertin. 2000. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. Sci. Hort 84(3/4): 285-296.

Lewis, J. A. and R. P. Larkin. 1998. Formulation of the biocontrol fungus *Cladorrhinum foecundissimum* to reduce damping-off diseases caused by *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*. Biological Control 12(3): 182-190.

Lewis, J. A., D. R. Fravel, R. D. Lumsden, and B. S. Shasha. 1995. Application of biocontrol fungi in granular formulation of pregelatinzied starch-flour to control damping-off diseases caused by *Rhizoctonia solani*. Biological Control 5(3): 397-404.

Li, S. L., S. J. Zhao, and L. Z. Zhao. 1997. Effects of VA mycorrhizae on the growth of eggplant and cucumber and control of diseases. (In Chinese with English summary). Acta Phytophylacia Sinica 24(2): 117-120. c. a. Abstr. 68(9): 7794, 1998.

Li, J. H., M. Sagi, J. Gale, M. Volokita, and A. Novoplansky. 1999. Response of tomato plants to saline water as affected by carbon dioxide supplementation. I. growth yield and fruit quality. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(2): 232-237

Li, J. H., J. Gale, A. Novoplansky, S. Barak, and M. Volokita. 1999b. Response of tomato plants to saline water as affected by carbon dioxide supplementation. II. Physiological responses. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(2): 238-242.

Li, Y. L., C. Stanghellini, and H. Challa. 2001. Effects of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L). Sci. Hort. 88(1): 11-29.

Li, Y. L., C. Stanghellini, and H. Challa. 2002. Response of tomato plants to a step-change in root-zone salinity under two different transpiration regimes. Sci. Hort. 93: 267-279.

Lillo, C., V. Bjordal, K. Johansen, T. Netteland, R. E. Pedersen, E. Svendsen, L. Solvberg, P. Ruoff, and S. O. Grimstad. 1993. Effects of membrane filtration on organic matter and viable bacteria in recerculating nutrient solution in greenhouses. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science 43(2): 121-124. (c. a. Hort. Abstr. 65: 1243; 1995).

Lin, W. C. and P. A. Jolliffe. 1996. Light intensity and spectral quality affect fruit growth and shelf life of greenhouse-grown long English cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6): 1168-1173.

Lindhout, P. and G. Pet. Effects of CO_2 enrichment on young plant growth of 96 genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Euphytica 51(2): 191-196.

Liu, X., J. A. Anderson, N. O. Maness, and B. Martin. 1996. Protein synthesis inhibitors block ligh-temperature acclimation in bell pepper leaves. HortScience 31(1): 160-161.

Liu, J. B., G. Gilardi, M. L. Gullino, and A. Garibaldi. 2009. Effectiveness of *Trichoderma* spp. obtained from re-used soilless substrates against *Pythium ultimum* on cucumber seedlings. Journal of Plant Disease and Protection 116(4): 156-163.

Logendra, L. S., T. J. Gianfagna, D. R. Specca, and H. W. Janes. 2001. Greenhouse tomato limited cluster production systems: crop management practices affect yield. HortScience 36(5): 893-896.

Logendra, L. S. T. J. Gianfagna, and H. W. Janes. 2001. Using mini-rockwool blocks as growing media limited-cluster tomato production. HortTechnology 11(2): 175-179.

Logendra, L. S., T. J. Gianfagna, and H. W. Janes. 2004a. Preventing side shoot development with C8/C10 fatty acids increases yield and reduces pruning time in greenhouse tomato. HortScience 39(7): 1650-1654.

Logendra, L. S., J. G. Mun, T. J. Gianfagna, and H. W. Janes. 2004b. Ethephon concentrates and advances harvest for limited cluster greenhouse tomato crops. HortScience 39(7): 1650-1651.

Longuenesse, J. J. 1990. Influence of CO_2 enrichment regime on photosynthesis and yield of a tomato crop. Acta Hort. No. 268: 63-70.

Lopez, J., N. Tremblay, W. Voogt, S. Dubé, and A. Gosselin. 1996. Effects of varying sulphate concentrations on growth, physiology and yield of the greenhouse tomato. Sci. Hort. 67(3/4): 207-217.

Lopez-Cantarero, I., J. M. Ruiz, T. Hernandez, and L. Romero. 1997. Nitrogen metabolism and yield response to increases in nitrogen-phosphorus fertilization: improvement in greenhouse cultivation of eggplant (*Solanum melongena* cv. Bonica). J. Agric. Food Chem. 45(11): 4227-4231.

Lorenz, O. A. and D. N. Maynard. 1980. (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N. Y. 390 p.

Lorenzo, P. and N. Castilla 1995. Bell pepper yield response to plant density and radiation in unheated plastic greenhouse. Acta Hort. 412: 330-334.

Lowery, D. T., K. C. Eastwell, and M. J. Smirle. 1997. Neem seed oil inhibits aphid transmission of potato virus Y to pepper. Annals of Applied Biology 130(2): 217-225.

Ma, L. P. et al., 1996. The inhibitory effects of compost extracts on cucumber downy mildew and the possible mechanism: (In Chinese with English summary). Acta Phytophylacia Sinica 23(1): 56-60. c. a. Rev. Plant Pathol. 75(10): 6714; 1996.

Madi, L., T. Katan, J. Katan, and Y. Henis. 1997. Biological control of *Sclerotium rolfsii* and *Verticillium dahliae* by *Talaromyces flavus* is mediated by different mechanisms. Phytopathology 87: 1054-1060.

Magnani, G. and N. Oggiano. 1997. Reducing the level of nitrates in hydroponic lettuce. Colture Protette 26(1): 57-61.

Malfa, G. La. 1993. Comparative response of Solanacea to maximum temperature levels in the greenhouse. Agriculturae Mediterranea 123(3): 267-272. (c. a. Hort. Abstr. 65: 1315, 1995).

Malorgio, F. et al. 2009. Effects of selemium addition on minimally processed leafy vegetables grown in a floating system. J. Sci. Food Agric 89: 2243-2251.

Mao, W., J. A. Lewis, R. D. Lumsden, and K. P. Hebbar. 1998. Biocontrol of

selected soilborne diseases of tomato and pepper plants. Crop Protection 17(6): 535-542.

Marcelis, L. F. M. and L. C. Ho. 1999. Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Experimental Botany 50(332): 357-363.

Marcelis, L. F. M. and L. R. Baan Hofman-Eijer. 1995. Growth analysis of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Acta Horticulturae No. 412: 470-478.

Marcelis, L. F. M. and L. R. Baan Hofman-Eijer. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. Annals of Botany 79(6): 687-693.

Marco, S. 1993. Incidence of nonpersistently transmitted viruses in pepper sprayed with whitewash, oil and insecticide, alone or combined. Plant Disease 77(11): 1119-1122.

Marr, C. W. 1994. Hydroponic systems. Kansas State University Agriculture Experiment Station and Cooperative Extension Service. Publication MF-1169. 12 p. The Internet.

Marr, C. W. 1995. Commercial greenhouse production: greenhouse cucumbers. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-2075. The Internet.

Marr, C. W. 1995. Commercial greenhouse production: greenhouse tomatoes. Kansas State University. MF-2074. The Internet.

Marrush, M., M. Yamaguchi, and M. E. Saltveit. 1998. Effect of potassium nutrition during bell pepper seed development on vivipary and endogenous levels of abscisic acid (ABA). J. Amer. Soc. Sci. 123(5): 925-930.

Mastalerz, J. W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, N. Y. 629 p.

Martin-Closas, L., P. Puigdomènech, J. Ll. Sanfeliu, and A. M. Pelacho. 2003. Crop cycle influences the effectiveness of pollination techniques in greenhouse tomato. Europ. J. Hort. Sci. Vol. 74.

Martinez, F., S. Castillo, E. Carmona, and M. Avilés. 2010. Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. Sci. Hort. 125(4): 756-760.

Maas, J. L. (ed.). 1998. Compendium of strawberry diseases (2 nd ed.). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 98 p.

Masuda, M. and S. Furusawa. 1991. Fruit yield and quality of tomatoes as affected by rootstocks in long-term nutrient film technique culture (In Japanese with English summary). Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University No. 78: 17-25. (c. a. Hort. Abstr. 64: 2007; 1994).

Masuda, M. and E. N. Murage. 1998. Continuous fluorescent illumination enhances growth and fruiting of pepper. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 67(6): 862-865. c. a. Hort. Abstr. 69(3): 2206; 1999.

Matsubara, Y. I., H. Tamura, and T. Harada. 1995. Growth enhancement and *Verticillium* wilt control by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculation in eggplant. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64(3): 555-561. c. a. Hort. Abstr. 66(7): 6002; 1996.

Matsuura, S., Y. Matsushita, R. Kozuka, S. Shimizu, and S. Tsuda. 2010. Transmission of tomato chlorotic dwarf viroid by bumblebees (*Bombus ignitus*) in tomato plants. Europ. J. Plant Pathol. 126(1): 111-115.

Matsuzoe, N., H. Nakamura, H. Okubo, and K. Fujieda. 1993. Growth and yield of tomato plants grafted on *Solanum* root-stocks. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 61(4): 847-855. (c. a. Hort. Abstr. 65: 5115; 1995).

Matsuzoe, N., M. Yamaguchi, S. Kawanobu, Y. Watanabe, H. Higashi, and Y. Sakata. 1999. Effect of dark treatment of eggplant on fruit skin color and its anthocyanin component. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 68(11): 138-145. c. a. Hort. Abstr. 69(8): 6938; 1999.

McAvoy, R. 2005. Grafting techniques for greenhouse tomatoes. University of Connecticut Cooperative Extension System. 7 p. The Internet.

McAvoy, R. J., H. W. Janes, B. L. Godfriaux, M. Secks, D. Duchai, and W. K. Wittman. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. J. Hort. Sci. 64: 331-338.

McMurtry, M. R., D. C. Sanders, P. V. Nelosn, and A. Nash. 1993. Mineral nutrient concentration and uptake by tomato irrigated with recirculating aquaculture water as influenced by quantity of fish waste products supplied. J. Plant Nutr. 16(3): 407-419.

Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A. D. M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reuce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(6): 902-905.

Mercado, J. A., B. Vinegla, and M. A. Quesada. 1997. Effects of hand-pollination, paclobutrazol treatments, root temperature and genotype on pollen viability and seed fruit content of winter-grown pepper. J. Hort. Sci. 72(6): 893-900.

Mercado, J. A., M. Mar Trigo, M. S. Reid, V. Valpuesta, and M. A. Quesada. 1997. Effects of low temperature on pepper pollen morphology and fertility: evidence of cold induced exine alterations. J. Hort. Sci. 72(2): 317-326.

Max, J. F. J., W. J. Horst, U. N. Mutwiwa, and H. J. Tantau. 2009. Effects of greenhouse cooling method on growth, fluit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). in a tropical climate. Sci. Hort. 122(2): 179-186.

Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A. D. M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(6): 902-905.

Mercado, J. A., M. S. Reid, V. Valpuesta, and M. A. Quesada. 1997. Metabolic changes and susceptibility to chilling stress in *Capsicum annuum* plants grown at suboptimal temperature. Australian J. Plant Phys. 24(6): 759-767.

Mian, I. H., M. Ali, and R. Akhter. 1995. Grafting on *Solanum* rootstocks to control root-knot of tomato and bacterial wilt of eggplant. Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University 18: 41-47. c. a. Rev. Plant Pathol. 76(2): 1394; 1997.

Mine, Y., R. Sakiyama, and H. Saka. 2002. Methodological evaluation of slow sand filters on microbe removal and performance of the filtration system against the spread of tomato bacterial wilt in NFT system. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 71(1): 107-113. c. a. Rev. Plant Pathol. 81(9): 8703; 2002.

Monma, S., S. Akazawa, K. Simosaka, Y. Sakata, and H. Matsunaga. 1997. 'Diataro' a bacterial wilt- and Fusarium wilt-resistant hybrid eggplant for rootstock. (In Japanese with English summary). Bulletin of the National Research Institue of Vegetables, Ornamental Plants and Tea. Series A. Vegetable and Ornamental Plants No. 12: 73-83. c. a. Hort. Abstr. 68(10): 8670; 1998.

Montesano, F., A. Parente, and P. Santamaria. 2010. Closed cycle subirrigation with low concentration nutrient solution can be used for soilless tomato production in saline conditions. Sci. Hort. 124(3): 338-344.

Morard, P., L. Lacoste, and J. Silvestre. 2000. Effect of oxygen deficiency on uptake of water and mineral nutrients by tomato plants in soilless culture. J. Plant Nutr. 23(8): 1063-1078.

Moreno-Reséndez, A., H. Meza-Morales, N. Rodriguez-Dimas, and J. L. Reyes-Carillo. 2010. Development of muskmelon with different mixtures of vermicompost: sand under greenhouse conditions. J. Plant Nutr. 33(1): 1672-1680.

Moreshet, S., C. Yao, B. Aloni, L. Karni, M. Fuchs, and C. Stanghellini. 1999 Environmental factors affecting the cracking of greenhouse-grown bell pepper fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(1): 6-12.

Morley, P. S., M. Hardgrave, M. Bradley, and D. J. Pibeam. 1993. Susceptibility of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars to the calcium deficiency disorder 'blossom end rot', pp. 563-567. In: M. A. C. Fragoso and M. L. van Beusichem. (eds.). Optimization of plant nutrition. Kluwer Academic Pub., Dordrech, Netherlands.

Morra, L. 1998. Potential and limits of grafting in horticulture. Informatore Agrario 54(49): 39-42. c. a. Hort. Abstr. 69(7): 5832, 1999.

Morra, L., G. Mennella, and R. D'Amore. 1992. Grafting of aubergine (*Solanum melongena* L.) as a method of control against soil pathogens and yield increase. II. Contributions. (In Italian). Colture Protette 21(12): 85-93. (c. a. Hort. Abstr. 63: 5179; 1993).

Moser, D. and P. Matile. 1997. Chlorophyll breakdown in ripening fruit of *Capsicum annuum*. J. Plant Physiol. 150(6): 759-761.

Murage, E. N. and M. Masuda. 1997. Response of pepper and eggplant to continuous light in relation to leaf chlorosis and activities of oxidative enzyme. Scientia Horticulturae 70(4): 269-279.

Murage, E. N., N. Watashiro, and M. Masuda. 1996. Leaf chlorosis and carbon metabolism of eggplant in response to continuous light and carbon dioxide. Scientia Horticulturae 67(1/2): 27-37.

Murage, E. N., Y. Sato, and M. Masuda. 1996. Relationship between dark period and leaf chlorosis, potassium, magnesium and calcium content of young eggplant. Scientia Horticulturae 66(1/2): 9-16.

Murage, E. N., N. Watashiro, and M. Masuda. 1997. Influence of light quality, PPFD and temperature on leaf chlorosis of eggplant grown under continuous Illumination. Scientia Horticulturae 68(1/4): 73-82.

Murakami, K., H. X. Cui, M. Kiyota, I. Aiga, and T. Yamane. 1997. Control of plant growth by covering materials for greenhouses which alter the spectral distribution of transmitted light. Acta Hort. No. 435: 123-130.

Naito, Y. and Y. Honda. 1994. Control of damping-off of spinach with ultraviolet-absorbing vinyl film. Bull. Fac. Agric., Shimane Univ. No. 28: 37-43. c. a. Hort. Abstr. 66: 5838; 1996.

Naito, Y., Y. Honda, and T. Kumagai. 1997. Supplementary UV-B radiation

induces Fusarium wilt of spinach in a glasshouse. Annals of Phytopathological Society of Japan 63 2 78-82

Nassar, A. H. and P. C. Crandle. 1987. Tunnel grower handbook for Egypt. Plant Prod. Co. Giza Egypt. 78 p.

Navarrete, M. and B. Jeannequin. 2000. Effect of axillary bud pruning on vegetative growth and fruit yield in greenhouse tomato crops. Sci. Hort. 86(3): 197-210.

Navarro, J. M., C. Carrido, M. Carvajal, and V. Martinez. 2002. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77(1): 52-57.

Navarro, J. M., P. Flores, M. Carvajal, and V. Martinez. 2005. Changes in quality and yield of tomato fruit with ammonium bicarbonate and calcium fertilization under saline conditions. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80(3): 351-357.

Nederhoff, E. 1999. Effects of different day/night conductivity on blossom-end rot, quality and production of greenhouse tomatoes. Acta Hort. No. 481: 495-501.

Nederhoff, E. M. and R. de Graaf. 1993. Effects of CO_2 on leaf conductance and canopy transpiration of greenhouse grown cucumber and tomato. J. Hort. Sci. 68(6): 925-937.

Nederhoff, E. M., A. N. M. de Koning, and A. A. Rijsdijk. 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by CO_2, plant density and pruning. J. Hort. Sci. 67: 411-420.

Nelson, P. V. 1978. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 518 p.

Nelson, P. V. 1985. (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 598 p.

Newton, P. and Ramli Abdullah. 1993. The efficiency of Fe for tomato and cucumber in nutrient film culture. In: Proceedings of the 8th International congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992; pp. 283-300. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7105; 1995).

Newton, P. and R. Sahraoui. 1997. The productivity of lettuce, cucumber and tomato grown with either constant or cycling strength or nutrient solution, pp. 299-306. In: Proceedings of the 9th International Congress on Soilless Culture, Wageningen, Netherlands.

Nielsen, C. J., D. M. Ferrin, and M. E. Stanghellini. 2006. Efficacy of biosurfactants in the management of *Phytophthora capsici* on pepper in recirculating hydroponic systems. Canad. J. Plant Pathol. 28(3): 450-460.

Nieman, R. H. 1962. Effect of osmotic concentration on the top weight of various plants. Bot. Gaz. 121: 279-285.

Nihoul, P. 1993. Asynchronous populations of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and effective control of *Tetranychus urticae* Koch on tomatoes under glass. J. Hort. Sci. 68(4): 581-588.

Nilsen, S. , K. Hovland, C. Dons and S. P. Sletten. 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Scientia Hort. 20: 1-14.

Noe, J. P. and J. N. Sasser. 1995. Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* as an agent for reducing yield losses due to *Meloidogyne incognita*. BIOCONTROL 1(3): 57-67.

Nothmann, J. 1986. Eggplant, pp. 145-152. In: S. P. Monselise. (ed.). CRC handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Oberti, D. 1995. Use of slow sand filters and pre-filters in NFT culture of head lettuces. (In French). Revue Horticole Suisse 68(11/12): 25-36. c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 8530; 1997.

Oda, M., M. Nagaoka, T. Mori, and M. Sei. 1994. Simultaneous grafting of young tomato plants using plates. Scientia Hort. 58(3): 259-264.

Oda, M., K. Okada, H. Sasaki, S. Akazawa, and M. Sei. 1997. Growth and yield of eggplant grafted by a newly developed robot. HortScience 32(5): 848-849.

Ohta, K., N. Ito, T. Hosoki, K. Endo, and O. Kajikawa. 1993. Influence of nutrient solution concentration on caracking of cherry tomato fruit grown hydroponically. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(2): 407-412. (c. a. Hort. Abstr. 65: 3135; 1995).

Ohta, K., N. Ito, T. Hosoki, K. Inaba, and T. Bessho. 1994. The influence of the concentration of the hydroponic nutrient culture solutions on the cracking of cherry tomato with special emphasis on water relationship. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(4): 811-816. (c. a. Hort. Abstr. 65: 1340, 1995).

Ohta, K., K. Tsurunaga, and T. Hosoki. 1998. Possibility of controlling fruit-cracking in cherry tomatoes by light treatment at night. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 67(2): 216-218.

Okano, K., Y. Sakamoto, and S. Watanabe. 2000. Effects of seedling age at planting on plant form and fruit productivity of single-truss tomto grown

hydroponically. (In Japanese with English summary). Bul. Nat. Res. Inst. Veg., Ornamental Plants and Tea No. 15: 123-134.

Oregon State Ubiversity. 2002. Greenhouse tomato. Commercial vegetable production guides. The Internet.

Ozguven, A. I., M. Paksoy, and K. Abak. 1998. The effects of 4-CPA in tomato growing in greenhouse on the fruit set, quality and amount of 4-CPA residue in fruits. Acta Hort. No. 463: 243-249.

Paiva, E. A. S., R. A. Sampaio, and H. E. P. Martinez. 1998. Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. J. Plant Nutr. 21(12): 2653-2661.

Papadopoulos, A. P. and S. Pararajasingham. 1998. Effects of controlling pH with hydrochloric acid on the growth, yield, and fruit quality of greenhouse tomato grown by nutrient film technique. HortTechnology 8(2): 193-198.

Papadopoulos, A. P. and H. Tiessen. 1987. Root and air temperature effects on the elemental composition of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 988-993.

Papadopoulos, A. P., S. Pararajasingham, and X. Hao. 1999. Fertilizer substitutions in hydroponically grown greenhouse tomatoes. HortTechnology 9(1): 59-62.

Pardossi, A. et al. 2002. A comparison between two methods to control nutrient delivery to greenhouse melons grown in circulating nutrient solution culture. Sci. Hort. 92: 89-95.

Park. H. S. and M. H. Chiang. 1997. Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth and chlorophyll, nitrogen contents and enzyme activities in *Cucumis sativus* L. plant. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(6): 642-646.

Park, M. H. and Y. B. Lee. 1999. Effects of CO_2 concentration, light intensity and nutrient level on the growth of leaf lettuce in plant factory. J. Korean Soc. Hort. Sci. 40(4): 431-435.

Park, K. W., M. H. Chiang, J. H. Won, and K. H. Jang. 1995. The effect of nutrient solution temperature on the absorption of water and minerals in Chinese leafy vegetables. J. Korean Soc. Hort. Sci. 36(3): 309-316.

Park, H. Y., K. C. Son, E. G. Gu, K. B. Lim, and B. H. Kim. 1996. Effect of different day and night temperature regimes on the growth of hot pepper plug seedlings. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 37(5): 617-621. c. a. Hort. Abstr. 67(2): 1314, 1997.

Park, S. H., D. W. Bae, J. T. Lee, S. K. Chung, and H. K. Kim. 1999. Integration of biological and chemical methods for the control of pepper grey mould rot under commercial greenhouse conditions. Plant Pathol. J. 15(3): 162-167.

Pascale, S. de, G. Barbieri, M. I. Sifola, and C. Ruggiero. 1995. Gas exchanges, water relations and growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) as affected by salinity of irrigation water. Acta Horticulturae No. 412: 389-395.

Passan, H. C. and A. Bolmatis. 1997. The influence of style length on the fruit set, fruit size and seed content of aubergines cultivated under high ambient temperature. Tropical Science 37(4): 221-227.

Pulitz, T. C. and R. R. Bélanger. 2001. Biological control in greenhouse systems. Ann. Rev. Phytopathol. 39: 103-133.

Peet, M. M. and D. H. Willits. 1987. Greenhouse CO_2 enrichment alternatives: effects of increasing concentration on duration of enrichment on cucumber yields. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 236-241.

Pett, M. M., D. H. Willits, K. E. Tripp, W. K. Kroen, D. M. Pharr, M. A. Depa, and P. V. Nelson. 1991. CO_2 enrichment responses of chrysanthemum, cucumber and tomato: photosynthesis, growth, nutrient coccentrations and yield. In: Y. P. Abrol, Govindjee, P. V. Wattal, D. R. Ort, A. Gnanam, and A. H. Teramura (Eds) "Impact of Global Climatic Changes on Photosynthesis and Plant Productivity"; pp. 193-212. Oxford & IBH Pub. Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.

Petersen, K. K., J. Willumsen, and K. Kaack. 1998. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73(2): 205-215.

Pettersen, R. I., S. Torre, and H. R. Gislerod. 2010. Effects of intracanopy lighting on photosynthetic characteristics in cucumber. Sci. Hort. 125(2): 77-81.

Pharand, B., O. Carisse, and N. Benhamou. 2002. Cytological aspects of compost-mediated induced resistance against fusarium crown and root rot in tomato. Phytopathology 92(4): 424-438.

Photiades, I., 1994. Heating plastic greenhouses with a solar passive water-sleeve system. Nicosia, Cyprus; Agricultural Research Institute; Miscellaneous Reports – Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resources (Nicosia) No. 62: 11 p.

Picken, A. J. F. and M. Grimmett. 1986. The effects of two fruit setting agents on the yield and quality of tomato fruit in glasshouse in winter. J. Hort. Sci. 61: 243-250.

Pill, W. G., B. Shi, H. D. Tilmon and R. W. Taylor. 1995. Tomato bedding plant production in soilless media containing ground kenaf *Hibiscus cannabinus* L. stem core. J. Hort. Sci. 70(5): 713-719.

Porporato, M., M. Pinna, A. Manino and F. Marletto. 1995. Pollination of sweet pepper under protected cultivation by *Bombus terrestris* L. and *Apis mellifera* L. (In Italian with English summary). Apicoltore Moderno 86(3): 99-112. (c.a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 8634; 1996).

Postma, J. et al. 2000. Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwell. Phytopathology 90(2): 125-133.

Postma, J. et al. 2001. Disease suppressive soilless culture systems; characterization of its microflora. Acta Hort. No. 554: 323-331.

Pressman, E., E. Tomer, M. Cohen, K. Rosenfeld, R. Shaked, H. Moshkovitz, and B. Aloni. 1998. Histological examination of low temperatures or TIBA-induced swelling of pepper ovaries. Plant Growth Regulation 25(3): 171-175.

Pressman, E., B. Moshkovitch, K. Rosenfeld, R. Shaked, B. Gamliel, and B. Aloni. 1998. Influence of low night temperature on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations with viable pollen on fruit setting. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73(1): 131-136.

Pressman, E., R. Shaked, K. Rosenfeld, and A. Hefetz. 1999. A comparative study of the efficiency of bumble bees and an electric bee in pollinating unheated greenhouse tomatoes. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(1): 101-104.

Purseglove, J. W. 1974. Tropical crops: dicotyledons. The English Language Book Society, London. 719 p.

Putnam, C. et al. (Eds.). 1991. Controlling vegetable pests. Chevron Chemical Co., San Ramon, California. 160 p.

Quarrell, C. P. and G. W. Ace. 1975. Crops under glass. MacDonald and Jones, London. 181 p.

Quilleré, I., D. Marie, L. Roux, F. Gosse, and J. F. Morot-Gaudry. 1993. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1. Design and management. Agriculture, Ecosystem and Environment 47(1): 13-30.

Rabik, J. and J. Szymanski. 1998. The use of ultra-violet rays for water disinfection during chicory forcing. Folia Hort. 10(1): 53-58.

Rankin, L. and T. C. Paulitz. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for

biological control of pythium root rot of greenhouse cucumbers in hydroponic culture. Plant Dis. 78(5): 447-451

Rao, M. S., P. P. Reddy, and M. Nagesh. 1997. Integratin of *Paecilomyces lilacinus* with neem lef suspension for the management of root-knot nematodes on eggplant. Nematologia Mediterrnea 25(2): 249-252.

Rapisarda, C. et al. 2006. UV-absorbing plastic films for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) in protected cultivations in Sicily (South Italy). Acta Hort. No. 719: 597-604.

Rattink, H. 1993. Biological control of fusarium crown and root rot of tomato on a recirculation substrate system. Mededelingen von de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent 58(3b): 1329-1336. (c. a. Hort Abstr. 65: 2189, 1995).

Raviv, M. and R. Reuveni. 1998. Fungal photomorphogensis: a basis for the control of foliar diseases using photoselective covering materials for greenhouse. HortScience 33(6): 925-929.

Read, P. E. 1982. Plant growth regulator use in field-scale vegetable crops, pp. 285-296. In: J. S. McLaren. (ed.). Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Scientific, London.

Reekie, E. G., MacDougal, I. Wong, and P. R. Hicklenton. 1998. Effect of sink size on growth response to elevated atmospheric CO_2 within the genus *Brassica*. Canad. J. Bot. 76(5): 829-835.

Resh, H. M. 1985. (3rd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, California. 384 p.

Reuveni, R. and M. Raviv. 1997. Control of downy mildew in greenhouse-grown cucumbers using blue photoselective polyethylene sheets. Plant Disease 81(9): 999-1004.

Reuveni, R., G. Dor, and M. Reuveni. 1998. Local and systemic control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on pepper plants by foliar spray mono-potassium phosphate. Crop Protection 17(9): 703-709.

Rich, J. R., M. T. Momol, S. E. Webb, and F. A. Johnson. 2001. Considerations for managing greenhouse pests – Florida greenhouse vegetable production handbook, Vol. 3. The University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Rista, L. M., M. Sillon, and L. Fornasero. 1995. Effect of different irrigation strategies on the mortality of pepper by *Phytophthora capsici* Leonian in

greenhouses (In Spanish with English summary). Horticultura Argentina 14 37: 44-51 c.a. Rev. Plant Pathol. 76(10): 8147, 1997.

Ristaino, J. B. and S. A. Johnston. 1999. Ecologically based approaches to management of phytophthora blight on bell pepper. Plant Dis. 83: 1080-1089.

Ristaino, J. B., F. Parra and C. L. Campbell. 1997. Suppression of phytophthora blight in bell pepper by a no-till wheat cover crop. Phytopathology 87: 242-249.

Rivière, L. M., S. Charpentier, B. Jeannin, and B. Kafka. 1993. Oxygen concentration of nutrient solution in mineral wools. Acta Hort. No. 342: 93-101.

Robinson, R. W. and D. S. Decker-Walters. 1997. Cucurbits. CAB International, Wallingford, UK.

Rodriguez, J. C., N. L. Shaw, and D. J. Cantliffe. 2007. Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown galia muskmelons. HortTechnology 17: 580-585.

Roldán Serrano, A. and J. Guerra-Sanz. 2006. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. Sci. Hort. 110(2): 160-166.

Romero-Aranda, R. and J. Longuenesse. 1995. Modelling the effect of air vapour pressure deficit on leaf photosynthesis of greenhouse tomatoes: the importance of leaf conductance to CO_2. J. Hort. Sci. 70(3): 423-432.

Romero-Aranda, R., T. Soria, and J. Cuartero. 2002. Greenhouse mist improves yield of tomato plants grown under saline conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(4): 644-648.

Rono, G. S. and S. Tachibana. 1997. Effect of dissolved O_2 levels in a nutrient solution on the growth and mineral nutrition of tomato and cucumber seedlings (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 66(2): 331-337.

Rosales, M. A. et al. 2010. The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. J. Sci. Food Agric. 91: 152-162.

Rosendahl, C. N. and S. Rosendahl. 1991. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on the response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salt stress. Environmental and Experimental Botany 31(3): 313-318.

Rosendahl, S., C. N. Rosendahl, and I. Thingstrup. 1992. The use of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi as a biocontrol agent. Bulletin OILB/SROP 15(1): 48-50. c. a. Hort. Abstr. 63: 2695; 1993.

Rott, A. S. and D. J. Ponsonby. 2000. Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. Science and Technology 10(4): 487-498.

Runia, W. T., J. M. G. P. Michielsen, A. J. van Kuik, and E. A. van O. Os. 1997. Elimination of root-infecting pathogens in recirculation water by slow sand filtration, pp. 395-407. In: Proceedings of the 9th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands.

Rylski, I. 1973. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper (*Caspsicum annuum* L.). J. Amer. Sco. Hort. Sci. 98: 149-152.

Rylski, I. 1986. Pepper (*Capsicum*), pp. 341-354. In: S. P. Monselise. (ed.). CRC handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Rylski, I. and M. Spigelman. 1982. Effect of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. Sci. Hort. 17: 10-106.

Sady, W., S. Rozek, and J. Myczkowski. 1991. Growing of greenhouse tomato from seedlings at different stages of development at various temperatures of the air and nutrient solution. I. Growth and yield of plants. Folia Horticulturae 3(3): 65-79. (c. a. Hort. Abstr. 63: 2022; 1993).

Saga, K. and K. Ogawa. 1995. Changes in the ascorbic acid, α-tocopherol and carotenoid contents in developing pepper fruits, and their varietal differences. (In Japanese with English summary). Bulletin of Faculty of Agriculture, Hirosaki Univ. No. 58: 65-73. c. a. Hort. Abstr. 65(11): 9790, 1995.

Saindon, G., H. C. Huang, and G. C. Kozub. 1995. White mold avoidance and agronomic attributes of upright common beans grown at multiple planting densities in narrow rows. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 843-847.

Sakamoto, Y., S. Watanabe, T. Nakashima, and K. Okano. 1999. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76(6): 690-693.

Salman, S. R., M. O. Bakry, A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1991. The effect of plastic mulch on the microclimate of plastic house. Acta Hort. No. 287: 417-425.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 194 p.

Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. Plant, Cell and Environment 14: 485-492.

Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. Ann. Bot. 72(5): 433-440.

Sandoval-Villa, M., C. W. Wood, and E. A. Guertal. 1999. Ammonium concentration in solution affects chlorophyll meter readings in tomato leaves. J. Plant Nutr. 22(11): 1717-1729.

Santamaria, P., V. Cantore, G. Conversa, and F. Serio. 2004. Effect of night salinity level on water use, physiological responses, yield and quality of tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79(1): 59-66.

Sanwal, S. K., K. S. Baswana, and H. R. Dhankhar. 1997. High temperature tolerance in eggplant: stigma, anther and pollen studies. Annals of Biology Ludhiana 13(1): 123-125. c.a. Hort. Abstr. 68(3): 2315, 1998.

Sase, S. et al. 2007. Transpiration of tomato plant canopy and water use for a fog cooled greenhouse in semiarid climate. Acta Hort. No. 761: 63-69.

Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa, and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sci. Hort. 109(3): 248-253.

Satti, S. M. E. and M. Lopez. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25(15-16): 2807-2823.

Satti, S. M. E., A. A. Ibrahim, and S. M. Al-Kindi. 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: implications. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25(15-16): 2825-2840.

Savvas, D. and F. Lenz. 1994. Influence of NaCl salinity on the vegetative and reproductive growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) in rockwool culture. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 59(4): 172-177. c.a. Hort. Abstr. 65(4): 3098, 1995.

Savvas, D. and F. Lenz. 1994. Influence of salinity on the incidence of the physiological disorder "internal fruit rot" in hydroponically grown eggplants. Angewandte Botanik 68(1-2): 32-35. c.a. Hort. Abstr. 65(3): 2168, 1995.

Savvas, D. and F. Lenz. 1996. Influence of NaCl concentration in nutrient

solution on mineral composition of eggplant grown in sand culture. Angewandte Botanik 70(3/4): 124-127. c. a. Hort. Abstr. 67(5): 4092, 1997.

Savvas, D. and F. Lenz. 2000. Response of eggplants grown in recirculating nutrient solution to salinity imposed prior to the start of harvesting. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75(3): 262-267.

Schacht, H. and M. Schenk. 1994. Controlling the nutrition of *Cucumis sativus* in recirculating nutrient solution by nitrate and amino-N content of petiole sap. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 59(3): 97-102. c. a. Hort. Abstr. 65(5): 4016; 1995.

Schacht, H. and M. Schenk. 1995. Controlling the nutrition of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in recirculating nutrient solution by a simulation model. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 60(2): 77-85. (c. a. Hort. Abstr. 65: 7021; 1995)

Schon, M. K., M. P. Compton, E. Bell, and I. Burns. 1994. Nitrogen concentrations affect pepper yield and leachate nitrate-nitrogen from rockwool culture. HortScience 29(10): 1139-1142.

Schuerger, A. C. and C. S. Brown. 1997. Spectral quality affects disease development of three pathogens on hydroponically grown plants. HortScience 32(1): 96-100.

Schuerger, A. C. and W. Hammer. 1995. Effects of temperature on disease development of tomato mosaic virus in *Capsicum annuum* in hydroponic systems. Plant Dis. 79(9): 880-885.

Schwartzkopf, S. H., D. Dudzinski, and R. S. Minners. 1987. The effects of nutrient solution sterilization on the growth and yield of hydroponically grown lettuce. HortScience 22: 873-874.

Schwarz, M. 1993. Carbon, a plant nutrient: deficiency, toxicity and balance in plants. In: "Proceedings of the 8th International congress on Soilless Culture"; pp. 383-390. International Society for Soilless Culture Wageningen, Netherlands.

Schwarz, D., H. P. Klaring, M. W. van Iersel, and K. T. Ingram. 2002. Growth and photosynthetic response of tomato to nutrient solution concentration at two light levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(6): 984-990.

Schwarz, D. and R. Kuchenbuch. 1998. Water uptake by tomato plants grown in closed hydroponic systems dependent on the EC-level. Acta Hort. No. 458: 323-328.

Scuderi, D., C. Restuccia, M. Chisari, R. N. Barbagallo, C. Caggia, and F. Giuffrida. 2011. Salinity of nutrient solution influences the shelf-life of fresh-

cut lettuce grown in floating system. Postharvest Biol Technol. 59 132-137

Sheldrae, R., Jr. 1967. Crop production in plastic greenhouses. XVII International Horticultural Congress, Vol 3 345-351

Sheldrake, R., Jr. 1969 Planning, constructing and operating plastic covered greenhouses. Cornell Misc. Bul. 72. 15 p.

Sheldrake, R., Jr. 1971. Air makes the difference. Amer. Veg. Grower. Jan. 1971.

Sheldrake, R., Jr. and R. W. Langhans. 1962. Heating requirement of plastic greenhouses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80: 666-669.

Shibuya, T. et al. 2010. Potentional photosynthetic advantage of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings grown under fluorescent lamps with high red. far-red light. HortScience 45: 553-558.

Shibuya, T., J. Komuro, N. Hirai, Y. Sakamoto, R. Endo, and Y. Kitaya. 2010. Preference of sweetpotato whitefly adults to cucumber seedlings grown under two different light sources. HortTechnolog 20: 873-876.

Shifriss, C., M. Pilowsky, and B. Aloni 1994. Variation in flower abscission of peppers under stress shading conitions. Euphytica 78(1/2): 133-136.

Shim, H. S. et al. 1998. Studies on the inhibition of plant disease using ultraviolet-absorbing vinyl film. (In Korean with English summary). RDA J Crop Prot. 40(2): 46-49.

Shimada, T. 1994. Control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), using vinyl films that absorb ultraviolet. (In Japanese with English summary). Proc. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. No. 41: 213-216. c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 1456; 1996.

Shimizu, K. et al. 2007. Dual protection of hydroponic tomatoes from rhizosphere pathogens *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporium* f. sp. *radicis-lycopersici* and airborne conidia of *Oidium neolycopersici* with an ozone-generative electrostatic spore precipitator. Plant Pathology 56(6): 987-997.

Shin, Y. A. and Nobuo. 1993. Effects of soil moisture and inoculation density on the incidence of Phytophthora blight of red pepper. (In Korean with English summary). RDA Journal of Agricultural Science, Crop Protection 35(2). 353-358. c. a. Rev. Plant Pathol. 74(1): 385; 1995.

Shipp, J. L., G. H. Whitfield, and A. P. Papadopoulos. 1994. Effectivensess of the bumble bee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae) as a pollinator of greenhouse sweet pepper. Scientia Hort. 57(1-2): 29-39

Shishido, Y., X. L. Zhang, and H. Kumakura. 1995. Effects of rootstock varieties, leaves and grafting conditions on scion growth in eggplant (in Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64(3): 581-588. c. a. Hort. Abstr. 66(4): 3247; 1996.

Shou, S. Y., H. H. Lou, and W. M. Dong 1995. Effects of different forms and ratios on growth and sex expression of cucumber (In Chinese with English summary). Acta Agriculturae Zhejiangensis 7(3): 226-229. c. a. Hort. Abstr. 67(8): 6904; 1997.

Shtienberg, D., Y. Elad, M. Bornstein, G. Ziv., A. Grava, and S. Cohen. 2010. Polyethylene mulch modifies greenhouse microclimate and reduces infection of *Phytophthora infestans* in tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber. Phytopathology 100(1): 97-104.

Si, Y. and R. D. Heins. 1996. Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4): 699-704.

Silber, A. et al. 2005. High irrigation and transient NH_4 concentration: effects on soilless-grown bell pepper. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80(2): 233-239.

Sifola, M. I., S. de Pascale, and R. Romano. 1995. Analysis of quality parameters in eggplant grown under saline water irrigation. Acta Horticulturae No. 412: 176-184.

Sims, W. L. and P. G. Smith. 1984. Growing peppers in California. Univ. Calif., Div. Agr. Nat. Res., Leaflet 2676. 12 p.

Singh, P. K. and T. R. Gopalakrishnan. 1997 Grafting for wilt resistance and productivity in brinjal (*Solanum melongna* L.). Horticultural Journal 10(2): 57-64.

Slack, G. 1986. The effects of leaf removal on the development and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 61: 353-360.

Slack, G. and D. W. Hand. 1985. The effect of winter and summer CO_2 enrichment on the growth and fruit yield of glasshouse cucumber. J. Hort. Sci. 60: 507-516.

Slack, G. and D. W. Hand. 1986. The effects of propagation temperature, CO_2 concentration and early post-harvest night temperature on the fruit yield of January-sown cucumbers. J. Hort. Sci. 61: 303-306.

Slack, G., J. S. Fenlon, and D. W. Hand. 1988. The effects of summer CO_2 enrichment and ventilation temperatures on the yield, quality and value of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 63: 119-129.

Simmons, A. M. and D. M. Jackson. 1999. An ultrasonic fogging device for

managing *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in greenhouse vegetables. Journal of Entomological Science 34(4): 494-496.

Simone, G. W. and M. T. Momol. 2001. Vegetable disease recognition and management – Florida greenhouse vegetable production handbook, vol. 3. The University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Slusarski, C. 2009. Attempts at biological control of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on rockwool-grown greenhouse tomatoes. Veg. Crops Res. Bul. (Warsaw) 69: 125-134.

Snyder, R. G. 1993. Injector planner: a spreadsheet approach to fertilization management for greenhouse tomatoes. Mississippi Agricultural and forestry Experiment Station. Bul. 1003. 9 p.

Snyder, R. G. 2001. Greenhouse tomato handbook. Mississipi State University, Extension Service. Pub. 1828. 28 p. The Internet.

Snyder, R. G. and W. L. Bauerle. 1985. Watering frequency and media volume affect growth, water status, yield, and quality of greenhouse tomatoes. HortScience 20: 205-207.

Sonneveld, C. and W. Voogt. 1991. Effects of Ca-stress on blossom-end rot and Mg-deficiency in rockwool grown tomato. Acta Hort. No. 249: 81-88.

Spletzer, M. E. and A. J. Enyedi. 1999. Salicylic acid induces resistance to *Alternaria solani* in hydroponically grown tomato. Phytopathology 89(9): 722-727.

Sreenivasa, M. N. 1994. VA mycorrhiza in conjunction with organic amendments improve growth and yield of chilli. Environment and Ecology 12(2): 312-314.

Stanghellini, C. 1994. Environmental effect on growth and its implications for climate management in "Mediterranean" greenhouses. Acta Hort. No. 361: 57-66.

Stanghellini, M. E. and R. M. Miller. 1997. Biosurfactants: their identity and potential efficacy in the biological control of zoospore plant pathogens. Plant Dis. 81(1): 4-12.

Stanghellini, M. E., D. H. Kim, S. L. Rasmussen, and P. A. Rorabaugh. 1996. Control of root rot of peppers by *Phytophthora capsici* with a nonionic surfactant. Plant Disease 80: 1113-1116.

Stefani, L. M. Zanon, M. Modesti, E. Ugel, G Vox, E. Schettini. 2007 Reduction of the environmental impact of plastic films for greenhouse covering by using fluoropolymeric materials. Acta. Hort. 801: 131-138.

Summers, C. G. and D. Estrada. 1996. Chlorotic streak of bell peppers: a new toxicogenic disorder induced by feeding of sliverleaf whitely, *Bemisia*

argentifolii. Plant Disease 80: 822.

Surrage, V. A., C. Lafrenière, M. Dixon, and Y. Zheng. 2010. Benefits of vermicompost as a constituent of growing substrates used in the production of organic greenhouse tomatoes. HortScience 45: 1510-1515.

Sutton, J. C. et al. 1997. A versatile adversary of *Botrytis cinerea* in crops. Plant Disease 81(41): 319-328.

Sweat, M. S. and G. J. Hochmuth. 2001. Production systems – Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. 3. University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Szkolink, M. 1983. Unique vapor activity by CGA-64251 (Vangard) in the control of powdery mildews roomwide in greenhouse. Plant Dis. 67: 360-366.

Tabatabaei, S. J., P. G. Gregory, and P. Hadley. 2004. Distribution of nutrients in the root zone affects yield, quality and blossom end rot of tomato fruits. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79(1): 158-163.

Tadesse, T., M. A. Nichols, and K. J. Fisher. 1999. Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique. 2. Blossom-end rot and fruit mineral Status. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 27(3): 239-247.

Tadesse, T., M. A. Nichols, and K. J. Fisher. 1999a. Nntrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using nutrient film technique. 1. Yield and fruit quality. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 27(3): 229-237.

Takagaki, M. 1993. Influence of day temperature on relative growth and uet photosynthetic rate of four pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. (In Japanese with English summary). Jap. J. Trop. Agric. 37(4): 277-283. c. a. Hort. Abstr. 65(4): 3080, 1995.

Takagaki, M., M. Kakinuma, and T. Ito. 1995. Effect of temperature on pollen fertility and polleu germination of three pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. (In Japanese). Jap. J. Trop. Agric. 39(4): 247-249. c. a. Hort. Abstr. 66(10): 8635; 1996.

Takahashi, H., K. Koshio, andd Y. Ota. 1993. Effects of ABA application to the culture solution on the growth, water relations and temperature stress in tomato plants. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. 62(2): 389-397. (c. a. Hort. Abstr. 65: 3109; 1995).

Takano, T. 1991. Effects of root-zone temperature by solution warming on the growth of tomato and melon plants in nutrient film technique. In: B. Z. Lui (Ed.) "Proceedings of International Symposium on Applied Technology of Greenhouse"; pp. 244-248. Knowledge Pub. House, Beijing, China. (c. a. Hort. Abstr. 63: 7659; 1993).

Talavera, M. et al. 2009. Crop rotations with gene resistant and susceptible tomato cultivars for management of root-knot nematodes in plastic houses. Crop Protection 28(8): 662-667.

Tanaka, S. et al. 2000. Effect of nitrogen concentrations of nutrient solution on the occurrence and development of downy mildew in susceptible and resistant cucumber cultivars. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 69(3): 339-345. c. a. Rev. Plant Pathol. 79(12): 8928; 2000.

Tanaka, G., Y. Yamashita, and K. Nakabayashi. 2001. Effect offsupersaturation of dissolved oxygen on the growth of tomato plants and nutrient uptake of hydroponic culture. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. High. Technol. Agric. 13(1): 21-28.

Tanis, C. 1991. Research on cucumbers, silicon does indeed increase yield. Groenten + Fruit, Glasgroenten 1(42): 40-41. (c. a. Hort. Abstr. 63: 7536; 1993).

Tanny, J., M. Teitel, M. Barak, Y. Esquira, and R. Amir. 2008. The effect of height on screenhouse microclimate. Acta Hort. No. 801: 107-114.

Tazuke, A. 1997. Effects of adding NaCl and reducing aeration to nutrient culture solution on the growth of cucumber fruit. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 66(3/4): 563-568. c. a. Hort. Abstr. 68(6): 4987.; 1998.

Thies, J. A., J. D. Mueller, and R. L. Fery. 1997. Effectiveness of resistance to southern root-knot nematode in 'Carolina Cayenne' pepper in greenhouse, microplot, and field tests. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(2): 200-204.

Thies, J. A., J. D. Mueller, and R. L. Fery. 1998. Use of a resistant pepper as a rotational crop to manage southern root-knot nematode. HortScience 33(4): 716-718.

Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N. Y. 611 p.

Teitel, M., M. Barak, E. Ben-Yaakov, J. Gatker, J. Tanny, and S. Cohen. 2007. Comparing greenhouse natural ventilation to fan and pad cooling. Acta Hort. No. 761: 33-39.

Thompson, H. C., R. W. Langhans, A. J. Both, and L. D. Albright. 1998. Shoot and root temperature effects on lettuce growth in a floating hydroponic system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(3): 361-364.

Thongbai, P., T. Kozai, and K. Ohyama. 2010. CO_2 and air circulation effects on photosynthesis and transpiration of tomato seedlings. Sci. Hort. 126: 338-344.

Tognoni, F. and G. Serra. 1994. New technologies for protected cultivation to

face environmental constraints and to meet consumer's requirements. Acta Hort. No. 361: 31-38.

Tremblay, N., S. Yelle and A. Gosselin. 1987. Effects of CO_2 enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of celery transplants. HortScience 22: 875-876.

Tremblay, N. and A. Gosselin. 1998. Effect of carbon dioxide enrichment and light. HortTechnology 8(4): 524-528.

Trigui, M., S. F. Barrington, and L. Gauthier. 1999. Effects of humidity on tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Truss) water uptake, yield, and dehumidification cost. Canadian Agricultural Engineering 41(3): 135-140.

Tripp, K. E., M. M. Peet, D. M. Pharr, D. H. Willits, and P. V. Nelson. 1991. CO_2-enriched yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO_2 environments. Plant Physiology 96(3): 713-719.

Tripp, K. E., W. K. Kroen, M. M. Peet, and D. H. Willits. 1992. Fewer whiteflies found on CO_2-enriched greenhouse tomatoes with high C:N ratios. HortScience 27: 1079-1080.

Tu, J. C. and B. Harwood. 2005. Disinfestation of circulating nutrient solution by filtration as a means to control *Pythium* root rot of tomatoes. Acta Hort. No. 695: 303-308.

Tu, J. C. et al. 1999. The relationship of pythium root rot and rhizosphere microorganisms in a closed circulating and on open system in rockwool culture of tomato. Acta Hort. No. 481: 577-585.

Turner, A. D. and H. C. Wien 1994a. Dry matter assimilation and partitioning in pepper culture differing in susceptibility to stress-induced bud and flower abscission. Annals of Botany 73(6): 617-622.

Turner, A. D. and H. C. Wien. 1994b. Photosynthesis, dark respiration and bud sugar concentrations in pepper cultivars differing in susceptibility to stress-induced bud abscission. Annals of Botany 73(6): 623-628.

Tüzel, Y. 1994. Effects of plastic water tubes on greenhouse climate and tomato production. Acta Hort. No. 366: 175-182.

Tzortzakis, N. G. 2010. Potassium and calcium enrichment alleviate salinity-induced stress in hydroponically grown endives. Hort. Sci. (Prague) 37(4): 155-162.

Utkhede, R., C. Bogdanoff, and J. McNevin. 2001. Effects of biological and chemical treatments on *Botrytis* stem canker and fruit yield of tomato under greenhouse conditions. Canadian J. Plant Pathol. 23(3): 253-259.

Utkhede, R. S., C. A. Lévesque, and D. Dinch. 2002. *Pythium aphanidermatum*

root rot in hydroponically grown lettuce and the effect of chemical and biological agents on its control. Canad. J. Plant Pathol. 22(2): 138-144.

Uzun, S. 2006. The quantitative effects of temperature and light on the number of leaves preceding the first fruiting inflorescence on the stem of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and aubergine (*Solanum melongena* L.). Sci. Hort 109(2): 142-146.

Uzun, S. 2007. Effect of light and temperature on the phenology and maturation of the fruit of eggplant (*Solanum melongena*) grown in greenhouses. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 35: 51-59.

Vakalounakis, D. J. 1992. Control of fungal diseases of greenhouse tomato under long-wave infrared-absorbing plastic film. Plant Dis. 76: 43-46.

Valdez, J. A. and D. A. Wolfenbarger. 1995. Yellow traps and insecticides for control of a strain of sweet potato whitefly and associated virus incidence on pepper. Journal of Entomological Science 30(3): 342-348.

Valdés, V. M., G. C. Woodward, and S. R. Adams. 2010. The effects of long-day lighting and removal of young leaves on tomato yield. J. Hort. Sci. Biotechnol. 85(2): 119-124.

Valenzano, V., A. Parente, F. Serio, and P.. Santamaria. 2008. Effect of growing system and cultivar on yield and water-use efficiency of greenhouse-grown tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83(1): 71-75.

Vauachter, A. 1995. Development of *Olpidium* and *Pythium* in the nutrient solutions of NFT grown lettuce, and possible control methods. Acta Hort. No. 382: 187-196.

Van de Vooren, J., G. W. H. Welles and G. Hayman. 1986. Glasshouse crop production. In: J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 581-623. Chapman and Hall, London.

Van Ieperen, W. 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. J. Hort. Sci. 71(1): 99-111.

Varayos, T., K. Fujieda, H. Okuba, and Y. Ichiki. 1992. Studies on the protected cultivation of tomato in Thailand. Bulletin of the Institue of Tropical Agriculture, Kyushu University 15: 1-47. (c. a. Hort. Abstr. 64: 4576; 1994).

Vargues, A. C., J. L. Campo, and A. A. Monteiro. 1994. The effect of greenhouse double-roof on tomato growth and yield. Acta Hort. No. 357: 317.

Vuruskan, M. A. and R. Yanmaz. 1991. Effects of different grafting methods on the success of grafting and yield of eggplant/tomato graft combination. Acta Hort. No. 287: 405-409.

Vitale, A. et al. 2001. Reduction of corky root infections on greenhouse tomato crops by soil solarization in south Italy. Plant Disease 95(2): 195-201.

Wada, T., H. Ikeda, K. Matsushita, A. Kambara, H. Hirai, and K. Abe. 2006. Effects of shading in summer on yield and quality of tomatoes grown on a single-truss system. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75(1): 51-58.

Wadid, M. M., M. A. Medany, U. A. El-Behairy, A. A. Farag, and A. F. Abou-Hadid. 2000. Effect of improved natural ventilation of plastic house on cucumber in Egypt. Egypt. J. Hort. 27(4): 569-578.

Wang, P. L. 1990. The effect of ferrous and ferric iron on the growth of sweet peppers. (In Chinese). Acta Hort. Sinica 17: 217-222. (c. a. Hort. Abstr. 63: 2004; 1993).

Wang, Z. W., X. Z. Li, Y. L. Liu, and J. J. Wang. 1999. Biological control of strawberry with antagonistic microbes. (In Chinese). Chinese Journal of Biological Control 15(4): 187. c. a. Hort. Abstr. 70(6): 4620; 2000.

Ware, G. W. and J. P. McCollum. 1980. (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607 p.

Warren-Wilson, J., D. W. Hand, and M. A. Hannah. 1992. Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops. J. Exp. Bot. 43(248): 363-373.

Watanabe, S., Y. Nakano, and K. Okano. 2001a. Relationships between total leaf area and fruit weight in vertically and horizontally trained watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai] plants. (In Japanese with English summary) J. Jap. Soc Hort. Sci. 70(6): 725-732. c. a. Hort. Abstr. 72: Abstr. 2356; 2002.

Watanabe, S., Y. Nakano, and K. Okano. 2001b. Comparison of light interception and field photosynthesis between vertically and horizontally trained watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai] plants. (In Japanese with English summary) J. Jap. Soc. Hort. Sci. 70(6): 669-672. c. a. Hort. Abstr. 72: Abstr. 2355; 2002.

Watterson, J. C. 1986. Diseases. IN: J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) The Tomato Crop; pp. 443-484. Chapman and Hall, London.

Weaver, R. J. 1972. Plant growth substances in agriculture. S. Chand & Co. Ltd, New Delhi. 594 p.

Welch, R. M. 1995. Micronutrient nutrition of plants. Critical Reviews in Plant Sciences 14(1): 49-82.

Went, F. W. 1962. Phytotronics. In: Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium"; pp. 149-161. Camden, N. J.

Weng, Z. X., B. D. Li, and D. X. Feng. 1993. Study on enhancement of cucumber resistance and yield by grafting on *Cucurbita ficifolia*. In Chinese. China Vegetables No. 3: 11-15 (c. a. Rev. Plant Pathol. 74: 1575, 1995).

Wei, T. S. et al. 2000. Spectral filters for the control of *B*[illegible]. Annals of Applied Biology 136 2: 115-120.

White, J. R. A. 1993. Nutrient uptake by tomatoes grown in NFT. In: Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunter's Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992". pp. 483-496. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c. a. Hort. Abstr. 7099, 1995).

Whipps, J. M. and S. P. Budge. 2000. Effect of humidity on development of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the glasshouse. Europ. J. Plant Pathol. 106: 395-397.

Wien, H. C. 1997. Peppers. pp. 259-293. In: H. C. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, U. K.

Wien, H. C. 1997. The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkins. pp. 345-386. In: H. C. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, UK.

Wien, H. C., A. D. Turner, and S. F. Yang. 1989. Hormonal basis for low light intensity-induced flower bud abscission of pepper. J. Amer. Soc. 114: 981-985.

Wilcox, G. E. 1982. The future of hydroponics as a research and plant production method. J. Plant Nutr. 5: 1031-1038.

Willits, D. A. 2000. The effect of ventilation rate, evaporative cooling, shading and mixing fans on air and leaf temperature in a greenhouse tomato crop. pp. 1-19. In: 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA, 9-12 July 2000. ASAE Paper No. 00-4058.

Willits, D. H. and M. M. Peet. 1994. Misting external shade cloths: Part 1: Relief from the heat? North Carolina Flower Grower's Bulletin 39(2): 1-5 (c. a. Hort. Abstr. 65: 1317; 1995).

Winsor, G. and P. Adams. 1987. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 3. Glasshouse crops. Her Majesty's Stationary Office, London. 168 p.

Wittwer, S. H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumber. Mich. State Univ. Press, East Lansing 225 p.

Wolffhechel, H. and D. F. Jensen. 1992. Use of *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* for the biological control of post-emergence damping-off and root rot of cucumber caused by *Pythium ultimum*. J. Phytopathol. 136(3): 221-230.

Wu, M. and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution

and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. Sci. Hort. 116(2): 122-129.

Xu, G. H. and U. Kafkafi. 2001. Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting, assimilate allocation, and water relations of sweet pepper. Acta Hort. No. 554: 113-120.

Xu, H. L., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1994. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content, J. Hort. Sci. 69(5): 821-832

Xu, H. L., D. Iraqi, and A. Gosselin. 2007. Effect of ambient humidity on physiological activities and fruit yield and quality of greenhouse tomato. Acta Hort. No. 761-85-92.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive values. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 415 p.

Yamazaki, H. 2001. Relation between resistance to bacterial wilt and calcium nutrition in tomato seedlings. JARQ, Jap. Agric. Res. Quart. 35(3): 163-169.

Yelle, S., A. Gosselin and M. J. Trudel. 1987. Effect of atmospheric CO_2 concentration and root-zone temperature on growth, mineral nutrition, and nitrate reductase activity of greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 1036-1040.

Ying, L. X., et al. 2011. Ragulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light radiations of light-emitting diodes. HortScience 46(2): 217-221.

Yoshida, S. and H. Eguchi. 1994. Environmental analysis of aerial O_2 transport through leaves for root respiration in relation to water uptake in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) in O_2-deficient nutrient solution. J. Exp. Bot. 45(271): 187-192.

Yoshida, S., M. Kitano, and H. Eguchi. 1996. Water uptake in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) under control of dissolved O_2 concentration in hydroponics. Environment Control in Biology 34(1): 53-58. (In Japanese with English summary). c. f. Hort. Abstr. 67: Abstr. 3047; 1997.

Yoshida, S., M. Kitano, and H. Eguchi. 1997. Growth of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). under control of dissolved O_2 concentration in hydroponics. Biotronics 26: 39-45.

Yoshida, S., M. Kitano, and H. Eguchi. 1997. Water uptake and growth of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) under control of dissolved O_2 concentration in hydroponics. Acta Hort. No. 440: 199-204.

Yu, J. Q., K. S. Lee, and Y. Matsui. 1993. Effect of the addition of activated charcoal to the nutrient solution on the growth of tomato in hydroponic culture. Soil Sci. Plant Nutr. 39(1): 13-22.

Yu, X. C. et al. 1997. Study on low temperature tolerance in grafted cucumber seedling (In Chinese with English summary). Acta Hort. Sinica 24(4): 348-352. (Hort. Abstr. 68(6): 4982; 1998).

Yu, J. Q., H. Komada, H. Yokoyama, M. Yamamoto, T. Terada, and Y. Matsui. 1997. Sagi (*Cryptomeria japonica* D. Don) bark, a potential growth subtrate for soilless culture with bioactivity against some soilborne diseases. J. Hort. Sci. 72(6): 989-996.

Yucel, S. 1995. A study on soil solarization and combined with fumigant application to control phytophthora crown blight (*Phytophthora capsici* Leonian) on peppers in the East Mediterranean region of Turkey. Crop Protection 14(8): 653-655.

Zanic, K., G. Dumicic, M. Skalijac, S. G. Ban, and B. Urlic. 2011. The effects of nitrogen rate and the ratio of NO_3^- : NH_4^+ on *Bemisia tabaci* populations in hydroponic tomato crops. Crop Prot. 30(2): 228-233.

Zekki, H., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1996. Growth productivity, and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6): 1082-1088.

Zhao, Z. H., S. I. Kusakari, K. Okada, A. Miyazaki, and T. Osaka. 2000. Control of *Pythium* root rot on hydroponically grown cucumbers with silver-coated cloth. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 64(7): 1515-1518.

Zheng, Y., L. Wang, and M. Dixon. 2007. An upper limit for elevated root zone dissolved oxygen concentration for tomato. Scientia Horticulturae 113(2): 162-165.

Zijlstra, S., S. P. C. Groot, and J. Jansen. 1993. Genotypic variation of root-stocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. Scientia Hort. 56(3): 185-196.

Ziv, O., C. Shifris, S. Grinberg, E. Fallik, and A. Sadeh. 1994. Control of *Leveillula taurica* mildew (*Oidiopsis taurica*) on pepper plants. (In Arabic with English summary). Hassadeh 74(5): 526-532. c. a. Rev. Plant Pathol. 74(5): 526-532. c. a. Rev. Plant Pathol. 74(9): 5782; 1994.

Zornoza, P. and O. Carrpena. 1992. Study on ammonium tolerance of cucumber plants. Journal of Plant Nutrition 15(11): 2417-2426.

Zornoza, P., M. Gonzalez, S. Serrano, and O. Carrpena. 1996. Inter-varietal differences in xylem exudate composition and growth under contrasting forms of N supply in cucumber. Plant and Soil 178(2): 311-317.



شكل (٥–٧): مزرعة أعمدة column culture للفراولة.



شكل (٨-١): إصابة شديدة بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم فى الطماطم.



شكل (١٠-١): تربية الفلفل بتوجيه ٣-٤ أفرع رئيسية من كل نبات على خيوط رأسية.



شكل (١٠-٢): تربية الفلفل بحصر النمو النباتي بين ثلاثة خيوط أفقية.



شكل (١٠-٣): تربية الفلفل بحصر النمو النباتى بين خيوط تمتد أفقيًا، وتوجيهها على خيوط أخرى رأسية.



شكل (١٠-٤): عفن الثمار الداخلى فى الفلفل.